



Escola Politècnica Superior  
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA Y EDIFICACIÓN TRABAJO FIN DE GRADO**

**UN NUEVO PARADIGMA PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE:  
“LA ECONOMÍA AZUL”**

**Proyectista:** Malena Clapers

**Director/es:** Marc Sanabra, Fabiana Palmero

**Convocatoria:** Junio/ Julio 2018



## Resumen

Este trabajo de final de grado pretende recopilar y clasificar las *cien innovaciones* que nos ofrece el autor Gunter Pauli en su libro “*Economía Azul*”, en una tabla estructurada que permita representar todos los campos de aplicación de éstas, poniendo especial énfasis en el sector de la edificación y la construcción.

La tesis principal del libro abarca todos los aspectos medioambientales y va más allá de la sostenibilidad. No trata sólo de reciclar y rebajar el consumo de energía, sino de aplicar el modelo *ecosistémico* con el que la Naturaleza funciona, a través de la física, la química y la biología. Si observamos la capacidad de evolución y transformación de la Naturaleza podremos desarrollar un modelo que no requiera más inversiones y costes, permitiendo así un cambio sustancial para frenar la crisis medioambiental vigente.

Los objetivos medioambientales relacionados con el modelo de *Economía Azul* son: aprovechar los desechos en la producción, reciclar los nutrientes y crear abundancia donde hay escasez, canalizar el uso de energía en la producción, limitar el uso de los recursos naturales y materiales, así como responder a las necesidades básicas de todos, generando empleo y oportunidades empresariales, produciendo ingresos y consiguiendo seguridad alimentaria.

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Memoria</b>	<b>5</b>
2.1	Objetivos del presente trabajo	5
2.2	Panorama medioambiental	6
2.3	¿Qué es la sostenibilidad?	10
2.4	La Naturaleza como guía	13
2.4.1	Proyectar con la Naturaleza	14
2.4.2	Tendencias arquitectónicas	18
2.4.3	Estrategias sostenibles	20
2.4.4	Construcción y sostenibilidad	21
2.4.5	Economía y medio ambiente	25
2.5	“La <i>Economía Azul</i> : 10 años, 100 innovaciones, 100 millones de empleos”	27
2.5.1	¿Por qué una <i>Economía Azul</i> ?	28
2.5.2	Cómo acercarse a este libro	31
2.5.3	Eficiencia material y energética	32
2.5.4	<i>Economía Azul</i> y arquitectura	37
2.6	Tabla de las <i>cien innovaciones</i>	41
2.6.1	Contenido de la tabla de las <i>cien innovaciones</i>	42
2.6.2	Terminología de una <i>Economía Azul</i>	46
2.6.3	Resultados obtenidos	47
2.7	“Podemos hacerlo mucho mejor”	56
<b>3</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>58</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>61</b>
	<b>Agradecimientos</b>	<b>63</b>
	<b>Contenido del CD</b>	<b>64</b>
	<b>ANEJOS</b>	<b>66</b>



## Prefacio

*"El aire puro, el agua y un clima habitable son derechos humanos irrenunciables. Y resolver esta crisis no es una cuestión de política, es una cuestión de nuestra propia supervivencia"*

*Leonardo DiCaprio<sup>1</sup>, Mensajero de la Paz de las Naciones Unidas*

Vivimos una etapa en la que la mayor parte de la sociedad es consciente que existe un cambio climático que provoca grandes desastres naturales y que hace vulnerable a todas las generaciones venideras.

Desgraciadamente, en estos tiempos también tenemos políticos que en vez de procurar por los intereses de todos los seres vivos que habitamos el planeta están generando más incertidumbre para el futuro. Podría afirmarse que la política ha ido siempre por detrás de la evolución y que no deberían esperarse acciones cambiantes por su parte.

Basta con leer a diario los periódicos y las noticias para darse cuenta de que no existen soluciones ambiciosas para detener el cambio climático.

Por ejemplo, en el artículo (1) del pasado mes de diciembre del 2017, los líderes europeos que forman el consejo de ministros de Energía concluyeron en sus reuniones prorrogar las ayudas a las industrias del carbón, aunque sean las que más CO<sub>2</sub> emiten a la atmósfera. Además, los ministros españoles sugirieron elevar el porcentaje en los próximos años de biocombustibles derivados de la soja o la palma (2). Por otro lado, se ratificó que el porcentaje de energías renovables en el 2030 pase de un 20% al 27%.

Estas metas no aspiran a lograr el gran cambio que necesita el mundo y las estrategias empleadas tampoco distan mucho de las establecidas en la época de la revolución industrial.

Puede que el problema de la sociedad se halle en el modo de producir y consumir, así como en la educación y en las costumbres.

Aunque no hay que caer en el escepticismo ni en la negatividad, un gran cambio de consciencia puede lograrse para el presente y futuro de todos nosotros.

Debe destacarse la gran labor que están haciendo numerosos revolucionarios, activistas, científicos, emprendedores y artistas que, desde oenegés, fundaciones y las Naciones Unidas están ejerciendo un papel fundamental para este cambio, dando voz a la Naturaleza, a los animales, a los océanos, a los marginados por la pobreza y a los niños, por los que creo que vale la pena luchar por un mundo mejor.

La filosofía de Gunter Pauli es una fuente de inspiración que nos ofrece numerosas oportunidades para dar paso al gran cambio que necesita nuestro planeta.

---

<sup>1</sup> Actor y activista dedicado al medio ambiente fue designado en 2014 Mensajero de la Paz de las Naciones Unidas con un enfoque sobre el cambio climático. Ha sido honrado con el *Clinton Global Citizen Award* y galardonado con el *Crystal Award* por el Foro Económico Mundial en Davos. Participante en la cumbre de la ONU, también forma parte del consejo directivo del *World Wildlife Fund*, del *Natural Resources Defense Council*, del *National Geographic's Pristine Seas* y del *International Fund for Animal Welfare*. Su propia fundación, *Leonardo DiCaprio Foundation*, registra más de 200 proyectos en 50 países y 5 océanos y algunos de sus programas abarcan áreas de vida salvaje y fauna, vida marina, cambio climático y derechos de los indígenas.

## 1 Introducción

El presente trabajo final de grado contiene el análisis del libro “*La Economía Azul: 10 años, 100 innovaciones, 100 millones de empleos*” (3) en el que el autor Gunter Pauli nos propone un necesario cambio de modelo en el sistema económico actual y en la vía de sostenibilidad denominada también como economía verde.

Además, como finalidad de este trabajo, se incluye una tabla con las *cien innovaciones* presentadas en el libro con el objeto de clasificar y recopilar toda la información técnica necesaria para servir de plantilla de futuros trabajos de investigación.

Por otra parte, se incidirá en la repercusión de la filosofía de Pauli en el ámbito de la edificación y la construcción, demostrando cómo los estándares actuales en la arquitectura podrían evolucionar hacia un modelo mucho más sostenible y acorde con las necesidades vitales.

La memoria del trabajo está compuesta por siete capítulos. El primero se refiere a los objetivos que se pretenden conseguir, y en el segundo se describe el panorama actual en materia de medio ambiente. En el tercero se tratan aquellos conceptos relacionados con la sostenibilidad, seguido de un cuarto capítulo destinado a las estrategias a seguir para la arquitectura y la construcción. En el quinto capítulo se introduce la filosofía de la *Economía Azul*, así como sus modelos a seguir. En el sexto se exponen los conceptos de la tabla de las cien innovaciones y los resultados obtenidos. El séptimo capítulo contrasta las diferencias entre la economía verde y la azul, y las modelos a seguir para conducirnos hacia una *Economía Azul*.

Por último, se incluyen las conclusiones obtenidas del presente proyecto.

## 2 Memoria

### 2.1 Objetivos del presente trabajo

La finalidad de este trabajo es desarrollar una tabla que incluya toda la información descrita en el libro de Gunter Pauli (3) en un formato estructurado, facilitando una lectura didáctica de cada *innovación*. De esta forma, se pondrá a disposición de los investigadores una clasificación detallada de cada invento que luego podrá encontrar en el libro.

Otro objetivo es incidir en el pensamiento crítico y científico del lector, mostrándole las numerosas oportunidades que ofrece este nuevo modelo económico inspirado en la Naturaleza y su capacidad de transformación, generando abundancia, reutilizando los residuos, reciclando y optimizando la energía necesaria. De este modo, y sobre todo en relación con el campo de la arquitectura, dar un nuevo enfoque del sistema actual que tenemos de diseñar y construir.

La generación de contenido de la tabla implica desgranar las ideas del autor con una nueva visión sobre el sistema en el que vivimos. Para ello se procurará abarcar su filosofía y dibujar el nuevo modelo basado en una *Economía Azul*, mediante un estudio que defina los conceptos y facilite su comprensión.

Por otra parte, relacionar todas aquellas *innovaciones* con *aplicaciones* en la construcción que el autor no ha contemplado en dicho campo. Mostrando de esta manera al lector, las numerosas oportunidades que ofrece este nuevo ideal en el campo de la construcción.

Por último, se pretende ilustrar con gráficos los datos obtenidos del estudio del libro de Gunter Pauli y desarrollar argumentos sólidos para incidir en que es necesaria la implicación de futuros investigadores que validen las tecnologías descritas en este proyecto final de grado.

## 2.2 Panorama medioambiental

La causa principal por la que se presenta este trabajo final de grado reside en la crisis que castiga a nuestro planeta desde hace décadas.

La preocupación por el medio ambiente se ha ido desarrollando a lo largo del tiempo y, cómo se verá más adelante, el campo de la arquitectura tiene un importante peso en materia de sostenibilidad.

El modelo actual de producción y consumo está generando una cadena de pérdidas de recursos naturales y desastres catastróficos que preocupan a nivel mundial.

El calentamiento global, relacionado con el uso de combustibles fósiles, provoca escasez de precipitaciones, variaciones del nivel del mar y la evaporación de las reservas de agua potable. La deforestación de los bosques, el uso de productos químicos, los descontrolados vertederos y sus emisiones de gases de metano están acelerando el aumento de la temperatura global. Además de amenazar el ecosistema, numerosas especies de animales están en peligro de extinción.

**Efectos principales del calentamiento global (44)**

Elevación del nivel del mar
Aumento de las tormentas
Incremento de las temperaturas
Expansión de los desiertos
Aumento de las canículas
Aumento de la aridez del suelo
Presión sobre los bosques mundiales

*Tabla 2.2.1 Efectos del calentamiento global*

El desplazamiento de la población a las grandes urbes ha provocado una masificación en éstas y la pérdida de la población rural. Este hecho afecta a la contaminación, al uso del agua, al consumo de energía, al tratamiento de aguas negras y residuos, provocando problemas de salud. La población que habita en grandes ciudades consume más, generando más desechos y causando un impacto ambiental mayor. En cambio, los últimos estudios destacan que son los países más pobres los que tendrán mayor afectación en el clima debido al calentamiento global, provocado en gran medida por los países más ricos, que son los que más emisiones producen (4).

La generación de CO<sub>2</sub> depende de varios factores, como el clima, el uso del suelo, la densidad de población y el estilo de vida de la sociedad. Aunque es la industria la que tiene un papel importante en los altos niveles de emisiones. Según los expertos, la degradación del suelo (debido a la deforestación y la reducción de almacenamiento de carbono en el suelo) está provocando la destrucción de la biodiversidad, pone en peligro la seguridad alimentaria y aumenta el calentamiento global (5).

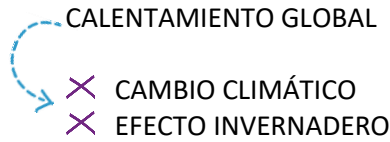


Figura 2.2.1 Problemas medioambientales

Como se muestra en la Figura 2.2.1, otro problema importante es el efecto invernadero, que lo causa en gran parte el gas metano, en aumento los últimos años debido a los residuos. Este efecto produce una retención de radiación solar en la troposfera, sobrecalentando el planeta.

Según datos extraídos de la EEA<sup>2</sup>, en el 2015 los países con mayor índice de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) fueron España, Portugal y Turquía. El sector de la agricultura fue, en 2015, el responsable de emitir el 10% de GEI en los 28 países de la Unión Europea.

El panorama energético en Europa no resulta tentador en cuanto a la participación de energía renovable que se consume. Sólo tres de los países de la Unión logran consumir más del 50% de energía renovable (Islandia, Noruega y Suecia). Véase el anejo F.

En política, después de la crisis del petróleo de los años setenta, los gobiernos impulsaron la necesidad de disminuir la dependencia de los combustibles. Las leyes medioambientales, por desgracia, se basan en la prevención y las diferencias entre países como Europa, Estados Unidos y China no favorecen un mercado responsable.

No obstante, existen grandes acuerdos internacionales sobre el medio ambiente, de los cuáles los últimos han sido: la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (1992), la Conferencia de Kioto sobre calentamiento global (1996) y el Protocolo acordado en ésta (1997), la Conferencia de La Haya sobre el cambio climático (2000) y la Cumbre de Johannesburgo sobre desarrollo sostenible (2002). La última ha tenido lugar en París, en el 2015, consiguiendo un acuerdo histórico sobre el cambio climático (6).

En la *Guía Básica de la sostenibilidad* (7), el autor describe el peor de los panoramas para el año 2050, como que el aire se volverá irrespirable, el agua no será apta para beber, los residuos serán imposibles de gestionar, los combustibles fósiles estarán agotados y el planeta no será apto para la vida.

En 2015, la comunidad internacional y la Agencia de Medioambiente de la ONU marcaron 17 Objetivos de desarrollo Sostenible que deben ser alcanzados en 2030 o antes (8).

Estos objetivos abarcan áreas desde la eliminación del hambre hasta la reducción de las desigualdades y la construcción de comunidades sostenibles en todo el mundo.

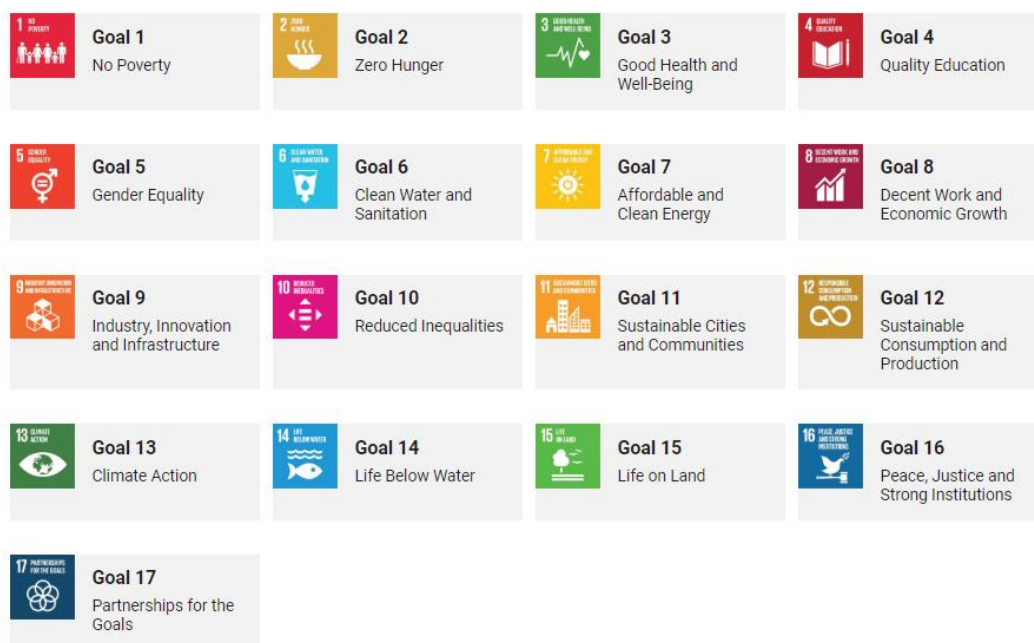
Los cuatro principios centrales que apuntalan el enfoque de la Agenda 2030 del Medio Ambiente son:

- **Universalidad:** la Agenda 2030 es de naturaleza global y universalmente aplicable, teniendo en cuenta las diferentes realidades nacionales, los niveles de desarrollo y respetando las políticas y prioridades nacionales. Es una agenda compartida que requiere una respuesta colectiva, con países que desarrollan sus propios caminos

<sup>2</sup> European Environment Agency.

hacia los objetivos nacionales. Esto requerirá una práctica e instituciones de gobernanza fortalecidas.

- Integración: la Agenda 2030 va más allá de actuar como si el desarrollo sostenible se tratara de tres pilares desconectados. Los enfoques deben equilibrar e integrar las dimensiones social, ambiental y económica, y también analizar la gobernanza e interconectar las áreas.
- Derechos humanos y equidad: las desigualdades no solo están determinadas por la economía. Para alcanzar niveles básicos de bienes y servicios para todos; una mejor redistribución de la riqueza y los recursos (tanto dentro como entre países); y el acceso equitativo a las oportunidades, la información y el estado de derecho, se necesitan nuevos enfoques que creen capacidades en todos los niveles de la sociedad.
- Innovación: ciencia formal, conocimiento tradicional y sentido común ciudadano, se necesitan caminos nuevos e innovadores para permitir que los países avancen. La aceleración y transferencia de innovaciones tecnológicas es una preocupación común.

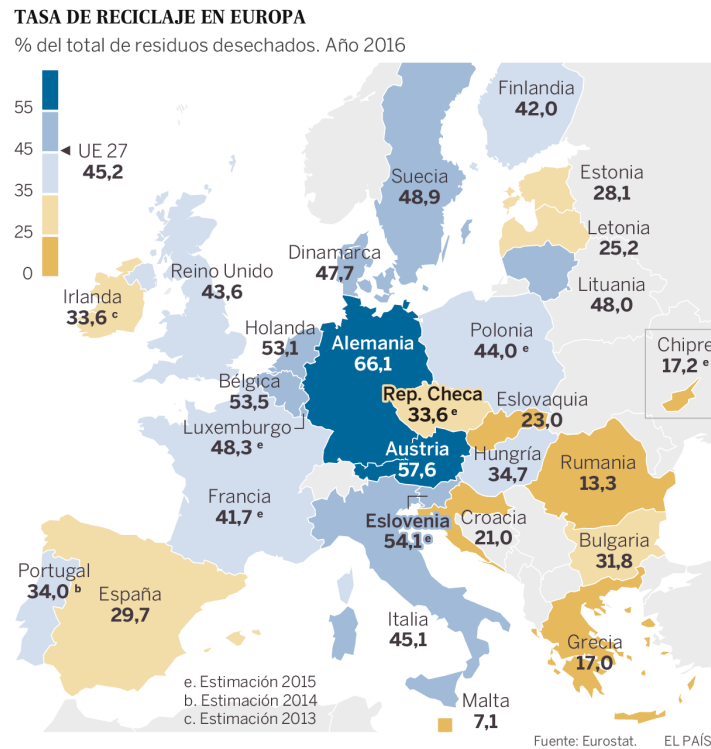


*Imagen de los Objetivos de desarrollo sostenible, ONU (8)*

Otro de los temas clave discutidos en el Parlamento Europeo son las directrices para establecer una economía baja en residuos y que aproveche sus recursos. Por ello, han elaborado un *paquete de economía circular* con estrategias para reducir, reciclar y consumir menos recursos. Entre éstas se encuentran: aumentar el reciclado de los residuos municipales en al 65% para 2030; limitar a un 10% el vertido a los vertederos en 2035; programas para hacer frente a los residuos alimentarios; ampliar la responsabilidad de los fabricantes de productos; ahorros empresariales en compra de materiales y otras. No obstante, los expertos

señalan que estas directrices no son suficientes y que aún se permite que la mitad de los desechos municipales vayan al vertedero o se incineren (9).

Mientras, la comisión de Medio Ambiente del Parlamento Europeo propone que, en 2025, según el texto acordado ya por las instituciones comunitarias, todos los miembros de la UE deberán reciclar al menos el 55% de los residuos municipales. España, según los datos obtenidos en 2014, sólo recicla el 29% de los residuos municipales y vierte el 56% de los desechos a los vertederos (10).



*Tasa de reciclaje en Europa (10)*

Cómo afirmaba el pasado mes de abril Kate Raworth<sup>3</sup> en *La Contra de La Vanguardia* (11), estamos ejerciendo tal presión sobre el planeta que este desequilibrio está provocando: cambio climático, agujero en la capa de ozono, pérdida catastrófica de biodiversidad, acidificación de los océanos, contaminación química, atmosférica...

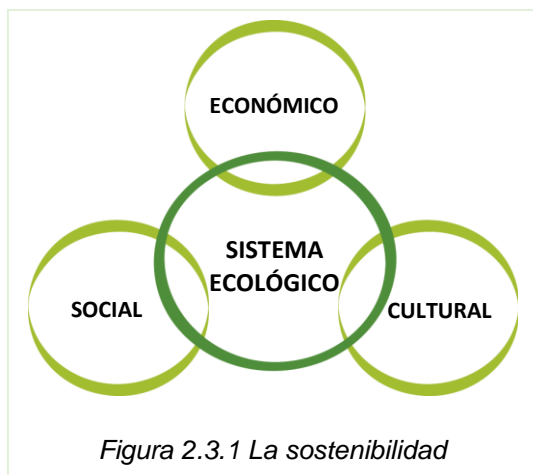
La investigadora pone de manifiesto que “necesitamos normas internacionales estrictas. Crear economías que a través de su diseño sean distributivas y regeneradoras, hay que reutilizar los recursos orgánicos y sintéticos una y otra vez. Si observamos la vida y el planeta vemos que se basa en el equilibrio y no en el crecimiento sin fin. Tenemos que cambiar de modelo económico.”

3 Economista, investigadora en el Instituto de Cambio Medioambiental de la Universidad de Oxford y de Oxfam, coautora del Informe de Desarrollo de la ONU y autora del libro “Economía rosquilla” (Paidós).

## 2.3 ¿Qué es la sostenibilidad?

El concepto de sostenibilidad remonta al siglo 58 a de C. con el arquitecto romano *Marcus Vitruvius Pollio* y su triángulo medioambiental que relaciona confort, clima y diseño.

Según el diccionario de la Real Academia Española, la sostenibilidad se define como la cualidad de algo que “se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente”.



También se puede definir la sostenibilidad como un proceso de un sistema ecológico, social, económico y cultural (Figura 2.3.1).

Brian Edwards describe en (7) la sostenibilidad como «[...] *la nueva vanguardia de la ciencia, la base de tecnologías y proyectos innovadores, el paradigma más reciente de la equidad social y la lente a través de la cual las empresas comienzan a ver su futuro.*»

### **Desarrollo sostenible**

La Comisión para el Medio Ambiente de la ONU de 1987 acuñó, como referencia de sostenibilidad, el concepto de *desarrollo sostenible*. Lo define como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”. Además, se ha establecido como el objetivo a seguir en la producción de un producto.

En 2002, la Cumbre Mundial de Johannesburgo sobre desarrollo sostenible introdujo conceptos relacionados con el consumo y la producción sostenibles, proporcionando un marco internacional para la aplicación de leyes e impuestos para alcanzar los objetivos medioambientales, tales como la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, el reabastecimiento del agua y la reducción de residuos.

### **Recursos naturales**

Es de especial interés observar la manera en que las estrategias para el desarrollo sostenible de Occidente se diferencian a las de África y Asia. En Occidente se calcula que la contaminación es una de las segundas causas de mortalidad en Europa, y los enfoques para la resolución de los problemas se basan en la reducción de dicha contaminación y el



calentamiento global y en el ahorro energético. En cambio, según la ONU, sólo un tercio de la población africana dispone de agua potable. Por lo que en África y Asia sus estrategias giran alrededor del abastecimiento de agua, que está directamente relacionada con la tierra y la productividad agrícola.

Reservas mundiales de combustibles fósiles	
<b>Petróleo</b>	30+40 años
<b>Gas Natural</b>	50 años
<b>Carbón</b>	200 años
<b>Lignito</b>	300 años

*Tabla 2.3.1 Reservas mundiales (7)*

Otro de los problemas que deben hacer frente es la gestión de residuos, que en grandes medidas provienen de Occidente.

Debemos destacar que, en la última década, la esperanza media de vida ha aumentado en todo el mundo. Esto supone un incremento en el consumo, tanto de alimentos, como de energía. No obstante, según el actual modelo de producción, los terrenos y el suelo destinado a la agricultura disminuyen debido a la urbanización, la desertificación y la contaminación. Según *World Wildlife Fund* (WWF) cada año se destruye una superficie de bosque equivalente a la de Grecia, con la correspondiente extinción de especies. El sector de la construcción es uno de los principales causantes de esta deforestación.

Se calcula que para el año 2050 la demanda de energía mundial será el doble de la actual, proveniente de la explotación de combustibles fósiles, con la creciente subida de precios y los efectos negativos ya conocidos sobre el clima.

Debido a las grandes diferencias en el consumo de combustibles fósiles de los distintos países del mundo, en 1997 el Protocolo de Kioto estableció limitar la producción de gases con efecto invernadero mediante un sistema de canjeo de emisiones entre distintas naciones. Este sistema permite que un país pueda adquirir las emisiones de carbono de otro más contaminante, y compensarlas con inversiones en tecnologías limpias. Los países inversores adquieren derechos de emisión para sus industrias, permitiéndose producir más carbono. Por ejemplo, Estados Unidos ha sido comprador de las emisiones de la antigua Unión Soviética, y se ha establecido como la primera nación con más emisiones, unas veinte veces mayor que la media mundial.

Respecto al sector de la construcción, desde la revolución industrial las emisiones de CO<sub>2</sub> han ido en aumento. Una de las causas es el aumento de la población, que sigue en auge, y otra es la herencia de edificaciones antiguas y energéticamente deficientes seguida del aumento del consumo, cada vez más alto, de sistemas de aire acondicionado y aparatos eléctricos.

No obstante, debido al elevado consumo de madera para la construcción, la industria emplea métodos para la transformación del carbono y reducir, así, los niveles de éste. De esta manera se aprovecha la capacidad de los bosques por convertir el CO<sub>2</sub> en oxígeno de nuevo. Aunque en muchos casos resulta que la producción de carbono sobrepasa la capacidad territorial de bosques, por lo que a gran escala no es una solución factible.

***El agua: ¿recurso en crisis?***

El agua, tan importante como los demás recursos que necesitamos, parece estar en segundo plano en cuanto a las medidas de ahorro. La desertificación de las zonas rurales provoca la movilización de la población, ya que sin poder regar no se puede cultivar ni alimentar al ganado.

Además, en zonas pobres del planeta el agua tiene un precio mayor que en los países ricos.

En la actualidad, una de cada seis personas no tiene acceso a agua potable, casi la mitad de la población no tiene instalaciones sanitarias dignas y cada día se diagnostican enfermedades relacionadas con la contaminación del agua.

El Informe Mundial sobre el Desarrollo del Agua publicado por la ONU alerta que en el 2050 unos 3.000 millones de personas vivirán en áreas con escasez de agua, debido al cambio climático, el aumento de la demanda y la contaminación de los abastecimientos (12).

Es por ello por lo que debe tratarse la escasez de agua como un problema más urgente que el de abastecimiento de energía. El agua está relacionada directamente con la salud y con la producción de alimentos. Las soluciones no deben abarcar solamente el suministro de agua potable sino también las infraestructuras necesarias para el saneamiento y la vida saludable.

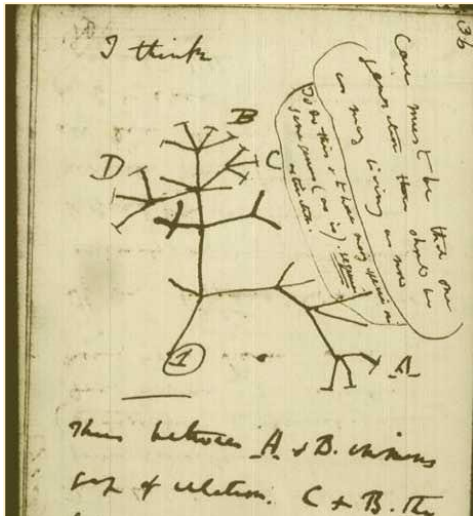
Recursos globales utilizados en los edificios	
Recurso	Uso (%)
Energía	50
Agua	50
Materiales sin tratar	50
Pérdida de terreno agrícola	80
Destrucción arrecifes de coral	50 (indirecta)

*Tabla 2.3.2 Recursos globales (7)*

## 2.4 La Naturaleza como guía

*"Naturaleza se escribe con 'N' mayúscula, del mismo modo que Dios se escribe con 'D' mayúscula"*<sup>4</sup>

Por regla general, la Naturaleza es creadora de riqueza con el mínimo de recursos a disposición, maximizando el reciclaje de éstos. Aprender de la Naturaleza implica conocer sus leyes y sus sistemas de funcionamiento. De esta forma, podremos acercar al hombre a lo natural. De este ideal nace el término de ecología en el que se observa la belleza y la vida que hay en los sistemas naturales.



Una página del Cuaderno B de Darwin que muestra su boceto del árbol de la vida (13)

En 1837 Charles Darwin esbozó en *"El árbol de la vida"* cómo las especies evolucionan en la historia evolutiva. No obstante, recientemente se ha descubierto que este árbol puede no representar los orígenes de la evolución. Como puede leerse en (13) *«Las pruebas genéticas en bacterias, plantas y animales revelan cada vez más que diferentes especies se cruzan más de lo que originalmente se pensó, lo que significa que en lugar de genes que simplemente se transmiten a ramas individuales del árbol de la vida, también se transfieren entre especies en diferentes caminos evolutivos. El resultado es una "red de vida" más desordenada y enredada.»*

La Naturaleza puede estudiarse bajo dos perspectivas: la científica y la filosófica. La ciencia busca explicaciones de los fenómenos naturales según sus causas y la filosofía sobre los "modelos de ser" de los procesos naturales. En (14) se describe la *filosofía de la Naturaleza* como «la reflexión filosófica acerca del mundo, entendiendo por mundo el mundo natural o físico: tanto los seres inanimados (las estrellas y los planetas, los componentes fisicoquímicos de la materia, y los compuestos fisicoquímicos), como los seres vivos.»

También que la Naturaleza posee un dinamismo propio, independiente de la intervención humana, que se despliega a través de una gran variedad de procesos de acuerdo con pautas espaciales y temporales.

Como se explica en (14), y repasando brevemente la historia de la filosofía, Sócrates (399 a.C.) ya planteó la relación entre la filosofía de la Naturaleza y las ciencias. La física de Aristóteles (322 a.C.) perduró durante veinte siglos.

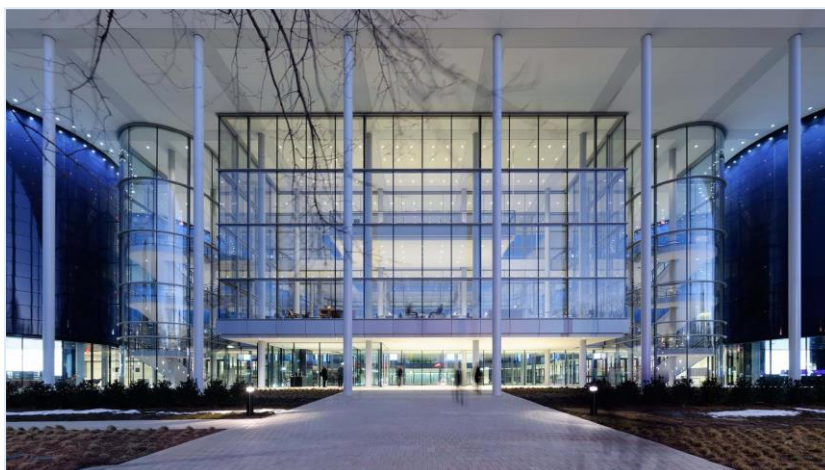
Y en la edad media Galileo Galilei (1564-1642) fue el principal pionero de la nueva ciencia relacionada con la Naturaleza y sus formulaciones en la física que se distanciaron de los modelos filosóficos, dando más importancia a la ciencia. Por otra parte, el filósofo Kant (1724-1804) señaló que los conceptos de la física no se obtienen sólo por abstracción, sino que los construimos nosotros y, para valorar el conocimiento de la Naturaleza, es necesario considerar nuestro modo de conceptualizar.

<sup>4</sup> Frank Lloyd Wright, entrevista con Mike Wallace, 1957 (45).

### 2.4.1 Proyectar con la Naturaleza

Un referente en el mundo de la arquitectura es Frank Lloyd Wright, que en la década de los años cincuenta encarnó la Naturaleza como modelo de inspiración. Su respeto hacia ésta se vio reflejado en sus diseños, en los materiales de construcción que utilizaba y en las técnicas, respondiendo a las necesidades de los usuarios y utilizando los recursos del entorno. Propuso soluciones en la arquitectura para vivir en armonía con el medio ambiente. Definió, de esta manera, su arquitectura como *orgánica*, integrada en el tiempo, en el entorno y con el hombre.

Por otro lado, en el transcurso de las últimas décadas, y a raíz de los problemas generados por la revolución industrial, diversos arquitectos han implementado el conocimiento de la Naturaleza en la arquitectura, como, por ejemplo, los muros transpirables de Nicholas Grimshaw o la aplicación de los principios de ventilación natural de los termiteros en edificios como los de Ken Yeang. De esta manera, se han introducido de forma constante estrategias de sostenibilidad en proyectos de grandes arquitectos, como Richard Rogers, Norman Foster o Michael Hopkins.



*Evans Hall, Yale School of Management (EEUU). Foster + Partners. Índice de sostenibilidad: LEED-GOLD (48).*

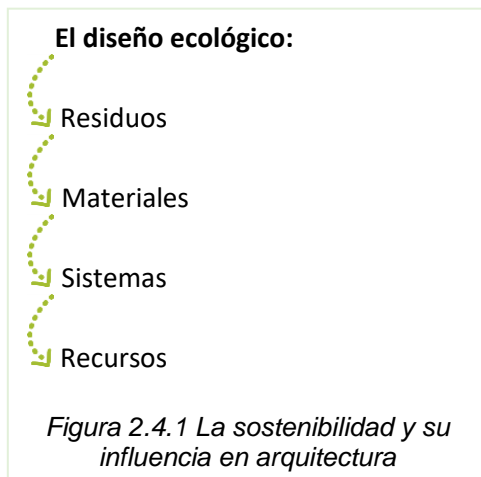
En arquitectura, la sostenibilidad está relacionada con el ahorro energético y con herramientas de análisis de ciclo de vida. Esta arquitectura sostenible intenta mitigar el impacto en el calentamiento global y propone la creación de espacios saludables y la viabilidad económica en los proyectos de ejecución.

Asimismo, sus objetivos engloban la generación propia y autosuficiente de energía, la captación y reciclaje del agua, la utilización de materiales reciclados, la gestión de los residuos, el equilibrio entre el CO<sub>2</sub> emitido en la construcción y el de uso y la transformación de éste mediante vegetación.

Para poder llevar a cabo proyectos sostenibles debemos utilizar sus modelos para informar, a utilizarla como una herramienta y a crear un sistema de contabilidad ecológico. Para el análisis medioambiental y energético existen, por ejemplo, herramientas de evaluación como

el BREEAM<sup>5</sup> y el LEED<sup>6</sup> que tratan tanto cuestiones energéticas como de salud y ahorro de agua. Con éstas se pueden conseguir indicadores que muestran los problemas del edificio analizado. Otra evaluación empleada en arquitectura es el concepto de Análisis del Ciclo de Vida (ACV)<sup>7</sup>, que cuantifica el impacto ambiental de productos y procesos considerando todas las etapas de obtención y consumo.

Por otra parte, este desarrollo sostenible debería influir en la concepción de ciudades sostenibles, consiguiendo que el estilo de vida de las urbes logre cambiar.



El arquitecto Norman Foster y su estudio definen la arquitectura sostenible como la creación de edificios “eficientes en cuanto al consumo de energía, saludables, cómodos, flexibles en el uso y pensados para tener una larga vida útil”.

La *Building Services Research and Information Association* define la construcción sostenible como “la creación y gestión de edificios saludables basados en principios ecológicos y en el uso eficiente de los recursos”.

No obstante, la industria debe establecerse desde la raíz: de la extracción de los minerales, al transporte, a las fuentes de la energía utilizada en la cadena de residuos (Figura 2.4.1).

#### **Beneficios del *medioambientalismo* en la industria de la construcción**

Ahorro de costes
Garantía de cumplimiento del marco legislativo
Anticipación a la futura legislación
Reducción de riesgos medioambientales
Mejora de las relaciones con los legisladores
Mejora de la imagen pública
Aumento de las oportunidades de mercado
Aumento de la productividad de los empleados

*Tabla 2.4.1 Medioambiente en construcción (17)*

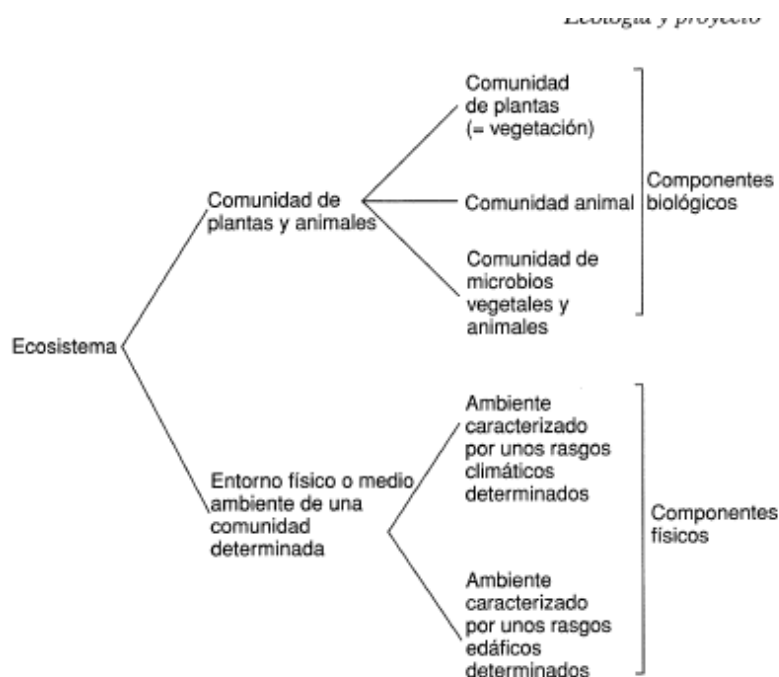
5 BREEAM: Método de Análisis Medioambiental del Centro de Investigación de la Construcción (Reino Unido).

6 LEED: Programa de Liderazgo para la Energía y el Diseño Medioambiental (Estados Unidos).

7 ACV: UNE-EN-ISO 14040:2006.

El arquitecto malasio Ken Yeang define en (15) la *ecología*<sup>8</sup> como «el estudio de las interacciones de los organismos, colonias de organismos y especies biológicas (incluyendo a los seres humanos) con su entorno, vivo o no; la distinta composición y estabilidad de grupos de especies geográficamente localizados, y el flujo de energía y materia entre tales grupos de especies (*ecosistema*)».

Este sistema ecológico, o *ecosistema*, se define como «una unidad que abarca todos los organismos (es decir, la comunidad) de un área determinada y sus relaciones recíprocas con el medio físico, de modo que los flujos de energía que se producen entre ellos conducen a una estructura trópica claramente definida, a la diversidad biótica y a los ciclos materiales (es decir, los intercambios de materia entre las partes vivientes y no vivientes) dentro del sistema.»



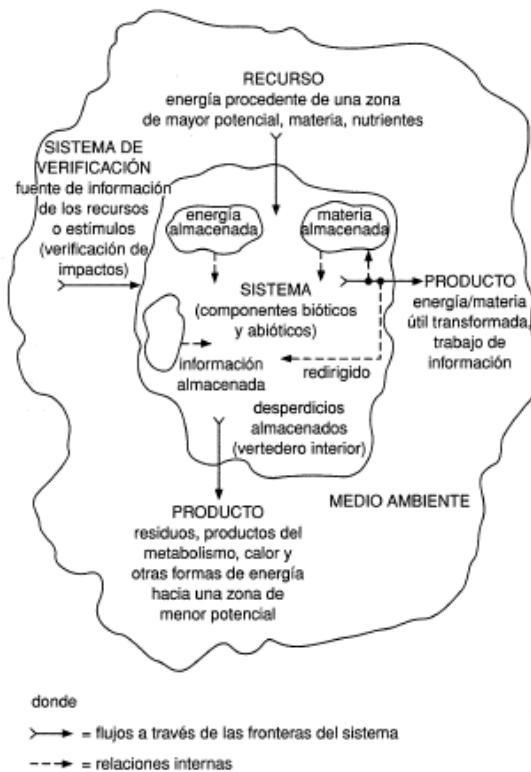
Descomposición del ecosistema (15)

Según el planteamiento ecológico que realiza el arquitecto, el medio edificado y su funcionamiento están vinculados con la organización, distribución, uso y gestión de energía y materiales.

Este sistema proyectado puede estar conectado a los ecosistemas de la biosfera por medio de los diversos subsistemas y como el flujo productos a través de los cuales la energía y la materia son transformadas mediante el metabolismo del sistema.

<sup>8</sup> término acuñado por Haeckel en 1869.

El siguiente esquema muestra, pues, la relación entre un sistema edificado con el medio ambiente:



**Figura 2-6** Modelo estructural recurso-producto (*input-output*) del medio edificado.

Como cita Ken Yeang «el medio edificado como una entidad que no sólo comprende la naturaleza y la forma física del sistema construido sino también la actividad operativa que se desarrolla en su interior.

Es esencial que el proyectista identifique los impactos ambientales del sistema proyectado, incluyendo los inherentes a la fabricación y construcción de los elementos, pero también aquellos que el uso, eliminación y recuperación de esos elementos puedan generar.

Si contemplamos cualquier sistema proyectado desde el punto de vista de esas interacciones, estaremos en disposición de predecir de manera holista los aspectos del sistema proyectado que puedan producir impactos ecológicos como parte de nuestro proceso de proyecto.»



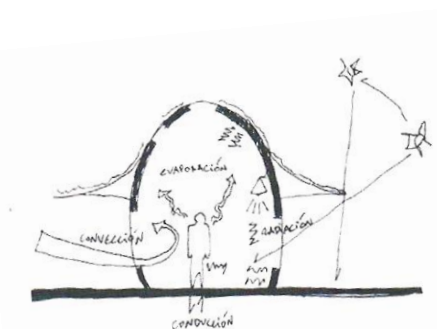
## 2.4.2 Tendencias arquitectónicas

La Naturaleza se nos presenta de modo permanente en nuestro entorno y es la arquitectura la que puede traducir el conocimiento de ésta para su aplicación en el medio en el que vivimos. Esta disciplina conlleva estudiar varios factores para interpretar el funcionamiento de la Naturaleza y poder construirla. Como describe el arquitecto argentino Marco Aresta en (16), estos factores clave para el desarrollo de una arquitectura biológica son: el entorno (lugar y clima), forma (geometrías presentes en la Naturaleza biológica), materia (naturales y locales) y el ser humano como sistema cooperativo.

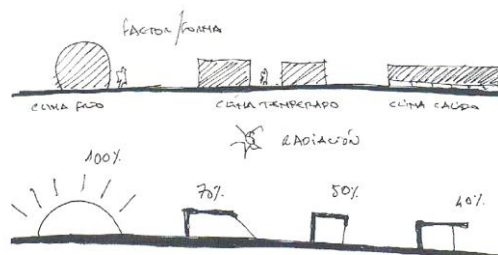
### **Diseño bioclimático**

El arquitecto húngaro Víctor Olgyay fue uno de los precursores de la arquitectura bioclimática en los años 50. Formalizó dicho diseño como una disciplina destinada a minimizar el impacto medioambiental. El objetivo de esta disciplina es lograr una arquitectura con control de la temperatura y confort térmico, optimizando los espacios tanto interiores como exteriores. Para lograr tal eficiencia deben establecerse unas exigencias existentes frente a unas necesidades conectadas con la piel del edificio a habitar.

Asimismo, el buen funcionamiento de estas estrategias dependerá en gran medida del análisis climático y el uso del emplazamiento.



*Procesos termo-reguladores (16)*



*Morfología de la vivienda en función del clima y del lugar (16)*

El equilibrio térmico se conseguirá mediante procesos de convección, conducción, radiación y evaporación, que evitarán el sobrecalentamiento en verano y las pérdidas de calor en invierno. Estas transferencias naturales se consiguen mediante los recursos naturales del lugar: Sol, viento, vegetación, tierra y agua.

Además, la forma del edificio, la iluminación natural, las texturas y oberturas en las fachadas, la ventilación natural y el sonido son estrategias integradas en un proyecto bioclimático.



### **Diseño ecológico**

Las estrategias para reducir el impacto ambiental, a parte de las ya mencionadas y las dedicadas a la reducción del consumo energético, incluyen los siguientes ámbitos de aplicación en el diseño ecológico y construcción de los edificios:

*i. Recursos naturales:*

Para la reducción del consumo de agua pueden especificarse muebles sanitarios eficientes y accesorios controlados por células fotoeléctricas. La reducción del consumo de agua supone una menor demanda de sistemas de tratamiento de agua y la recogida y utilización de aguas pluviales en edificios suponen una disminución de la demanda de alcantarillado.

Respecto a la conservación de la vegetación autóctona, presente en el suelo destinado a construir, pueden proporcionarse medidas de reutilización de dicha capa vegetal al mismo lugar u otro, consiguiendo una diversidad medioambiental, o la previa planificación del emplazamiento conservando la vegetación preexistente.

*ii. Materiales:*

Para una utilización responsable de materiales deben tenerse en cuenta tanto el proceso de extracción, producción como el transporte de éstos, por sus fuentes de energía utilizadas como la producción generada de residuos. Asimismo, la calidad del aire interior y la salud de los ocupantes dependerán de la presencia de productos tóxicos empleados en compuestos volátiles, por su capacidad de retener partículas de polvo y desprender toxinas al aire. Una buena elección recae en la producción local de materiales mediante fuentes renovables.

*iii. Sistemas:*

La implementación de sistemas de acondicionamiento del aire implica la existencia de microorganismos dañinos para la salud. Un buen diseño ecológico recae en la eliminación de equipos de aire acondicionado. Otra de las estrategias a seguir es la gestión adecuada de estos equipos si fueran requeridos.

*iv. Planificación urbana:*

La densidad de urbanización y el uso del suelo están directamente relacionados con la contaminación del transporte. Por ello, deben proyectarse tramas urbanas propensas a la utilización del transporte público y a la gestión eficiente del tráfico.

*v. Producción de residuos:*

Con una buena gestión en la obra pueden reducirse, así como reciclarse para su reutilización en materiales de construcción. Además, los residuos generados durante la vida útil del edificio por sus ocupantes pueden reciclarse mediante la provisión de instalaciones para almacenamiento y recogida y para producción de compost.

### 2.4.3 Estrategias sostenibles

Un proyecto ecológico no se refiere solamente al ahorro energético, sino a la adecuación al uso del edificio y a la durabilidad de su funcionamiento. De esta manera podrá denominarse una arquitectura de calidad (17).

Para lograr una *eficiente* sostenibilidad en los proyectos arquitectónicos conviene que nos cuestionemos lo siguiente:

*¿Cuál es el servicio que necesito de un sistema constructivo?*

*¿Cómo optimizar el uso de los sistemas?*

*¿Cuánto va a durar?*

*¿Qué funciones necesito de las propiedades de los materiales?*

Los conceptos clave a definir son los siguientes:

- ✓ *Durabilidad:* la herramienta clave para evaluar la sostenibilidad de un sistema. La durabilidad debe dar servicio y utilidad a un sistema. Tanto si éste es biológico como tecnológico, tiene que tenerse en cuenta el tiempo mínimo de uso del material y del sistema para poder optimizar su uso.
- ✓ *Funcionalidad:* debe definirse como unidad física o de servicio para poder cuantificar los resultados y generar comparaciones respecto otros productos o sistemas.
- ✓ *Reversibilidad:* el sistema diseñado debe responder a las necesidades de reposición de sus elementos o productos con el fin de continuar con la función del sistema y no caer en desuso.

## 2.4.4 Construcción y sostenibilidad

Una de las premisas para lograr una construcción respetuosa con el medio ambiente es la capacidad de la Naturaleza en producir con lo que hay localmente.

Los romanos ya construían con los materiales que tenían localmente disponibles. La falta de recursos hacía que levantasen construcciones de bajo consumo energético.

A partir de la revolución industrial, y entrados en el siglo XX, se disparó el consumo de energía, que, acompañado de una mayor riqueza, favoreció el abaratamiento de los recursos. Por ello, la producción y transporte de materiales de construcción de bajo coste permitió una bajada de precios en el sector de la construcción.

Nuestra vida cotidiana pasa en distintos tipos de edificios y construcciones y dependemos de ellos para nuestra existencia y seguridad. El sector de la construcción es el que consume el 50% de los recursos mundiales y la generación de energía y residuos de los edificios son los encargados de emitir más CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El 50% del calentamiento global está causado por el uso de combustibles para calefacción, iluminación y ventilación de los edificios, y un 25% es responsabilidad del transporte.

¿Por qué debemos incorporar la exigencia de *ecológico*?

No es fácil definir parámetros constantes en los proyectos de edificación que consideren todos los conceptos pertenecientes a lo *ecológico*.

Según el autor en (17), el confort, la salud y el medio ambiente forman un sistema que podría ilustrarse como un diagrama cartesiano que los relaciona entre ellos (Figura 2.4.2). Este sistema es una herramienta conceptual a modo de guía en el proceso de diseño ecológico.

Estos tres aspectos que dan rendimiento al edificio tienen en consideración los siguientes parámetros:

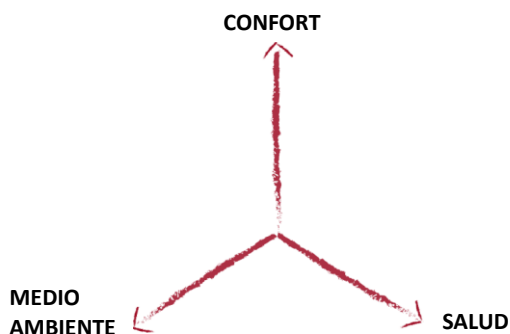


Figura 2.4.2 Sistema cartesiano de coordenadas

1) **Confort:** según la actividad, la ropa, la edad, el sexo, la temperatura del aire, la humedad, el ruido, la luz y los olores.

2) **Salud:** el aire interior de mala calidad puede contener sustancias tóxicas y alergénicas, puede ser estresante y puede favorecer la transmisión de enfermedades contagiosas.

3) **Medio ambiente:** la construcción y el uso del edificio tiene un impacto sobre el calentamiento global y sobre el agotamiento de los recursos.

Los anteriores parámetros, considerados como puntos clave a tener en cuenta para llevar a cabo una construcción sostenible, deben dar respuesta a los objetivos impuestos en cada uno de los aspectos siguientes, obtenidos de (17):

<b>CONFORT</b>	Proteger a los ocupantes de los elementos
	Mantener un entorno térmico confortable
	Proporcionar confort visual
	Proporcionar ventilación suficiente
	Proporcionar condiciones acústicas aceptables
<b>SALUD</b>	Proteger contra los agentes contaminantes exteriores
	Controlar la contaminación de procesos en el interior del edificio
	Proteger contra emisiones radioactivas
	Especificar materiales de construcción, acabados y equipamientos no tóxicos
	Diseñar para obtener luz natural
<b>MEDIO AMBIENTE</b>	Proteger del exceso de ruidos y vibraciones
	Utilizar fuentes renovables de energía
	Especificar sistemas y electrodomésticos de bajo consumo energético
	Utilizar sabiamente los materiales
	Proporcionar suficiente agua potable
	Fomentar la conservación y reutilización del agua
	Establecer medidas sanitarias para evacuar las aguas residuales
	Fomentar la reducción, clasificación, almacenamiento, recogida y eliminación de los residuos
	Controlar el ruido exterior

*Tabla 2.4.2 Objetivos en el proyecto ecológico*

### **Los efectos medioambientales de los materiales de construcción**

La selección de los materiales y componentes que integran un edificio influye en el diseño y rendimiento de éste. El proyectista y los responsables de la obra deberían tener en consideración los impactos derivados de la fabricación, procesado, transporte, construcción, mantenimiento, demolición y reciclaje o eliminación de los materiales. Además, el rendimiento del edificio dependerá directamente de la elección de dichos materiales.

Para realizar los cálculos de impacto ambiental de los materiales existen diferentes métodos, aunque no hay en la actualidad un método estándar para el ACV de éstos. El ENBRI<sup>9</sup> y el BRE<sup>10</sup> están desarrollando una metodología para el ACV, aunque solamente tienen en el estudio la consideración de una pequeña selección de materiales.

La tabla siguiente muestra los aspectos a tener en cuenta para la selección de materiales de construcción:

La naturaleza de los recursos implicados.	La distancia y el medio de transporte, las emisiones y el consumo de energía ocasionados.
Las emisiones de CO <sub>2</sub> durante la producción en kg/kg.	El impacto de la producción del material.
Riesgo para la salud o el entorno durante el proceso de construcción y posterior uso.	La vida útil del material
El destino final del material después de la vida útil del edificio.	La reducción o separación de los residuos de construcción y la eliminación de los residuos tóxicos.

*Tabla 2.4.3 Consideraciones sobre sostenibilidad en la selección de materiales (17)*

### **Residuos en la construcción**

Los residuos procedentes del sector de la construcción, tanto los embalajes, los materiales sobrantes como los procedentes de derribos, constituyen un porcentaje elevado que suelen derivarse a vertederos o incinerarse.

Existen dos grupos principales de residuos del citado sector según su procedencia:

- ✕ *De demolición:* debido en gran medida a la utilización de materiales compuestos, como el hormigón armado, se hace muy difícil la posterior reutilización de materiales procedentes de edificios demolidos. Por ello, debe proyectarse pensando en el reciclaje de los materiales y los ensamblajes de éstos, así como en la reutilización de elementos estructurales, instalaciones y equipos.

<sup>9</sup> ENBRI: European Network of Building Research Institutes.

<sup>10</sup> BRE: Building Research Establishment.

- ✗ *De la construcción:* en este grupo se encuentran muchos tipos de materiales distintos, y una buena forma de minimizar los residuos es utilizar materiales de tamaño estándar. Otra consideración importante es la buena gestión en obra respecto a la clasificación de los diferentes tipos de materiales y los tipos de reciclaje, estando lo más cerca posible de la zona de trabajo.

**Productos tóxicos en la construcción**

En la actualidad existen distintas sustancias utilizadas en la construcción que, aunque estén presentes en el edificio en cantidades pequeñas, pueden provocar efectos dañinos para el medio ambiente y para la salud. Son las emisiones tóxicas durante la fabricación y uso las que más preocupación generan por afectar gravemente a la calidad del aire interior, siendo los edificios cada vez más herméticos. Estos productos, que deben tratarse como residuos tóxicos y eliminarse de la forma correspondiente, son: la pintura, los adhesivos, los conservantes de la madera, los sellantes y los productos de limpieza. En la siguiente tabla se clasifican los componentes más perjudiciales para el medio ambiente:

MENOS PERJUDICIALES	Boratos
	Compuestos de amonio cuaternario, jabones de cinc, azoles
	cromo- cobre- boro (CCB), cinc- cobre- fluoruro (CCF)
MÁS PERJUDICIALES	cromo- cobre- arsénico (CCA), improsol (bifluoruro), creosota

Tabla 2.4.4 Conservantes perjudiciales para el medio ambiente (17)

Un estudio (18) reciente presentado por *UN Environment* muestra los porcentajes de residuos plásticos que se generan en varios sectores (Figura 2.4.3).

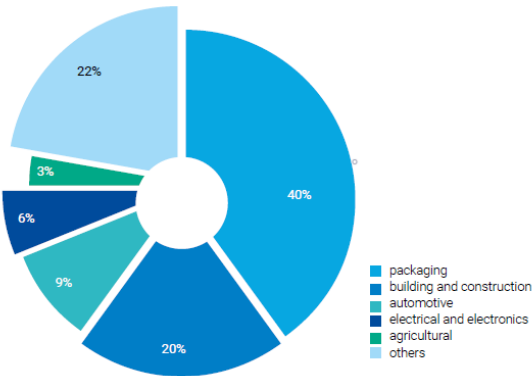


Figura 2.4.3 Demanda Europea de plásticos por sector (18)

Cómo puede observarse, el 40% de la demanda de plásticos está dominada por los embalajes, seguida del sector de la construcción, con un 20% de la demanda.

Con estos datos y con la cantidad de evidencias que cada día nos muestran los destrozos medio ambientales que se están generando, no podemos continuar generando tales impactos en el sector de la construcción.

## 2.4.5 Economía y medio ambiente

*¿Son compatibles la sostenibilidad y la economía?*

En el año 1992 se aprobó el Tratado de Maastricht que reforzó las leyes sobre el medioambiente establecidas previamente. Introdujo cuatro principios clave para los edificios de diversos sectores:

- Obligación de utilizar conocimientos medioambientales más actuales.
- Principio de precaución, evaluar riesgos y actuar con cautela frente a nuevos materiales y procesos de construcción.
- Deber de subsanar los daños medioambientales en origen, es decir, quien contamina paga la operación de limpieza.
- Considerar todos los impactos ecológicos

Por otro lado, debe destacarse uno de los principios de la Unión Internacional de Arquitectos (UIA) que destaca que los arquitectos “deben esforzarse por mejorar el medio ambiente, el hábitat y la calidad de vida dentro de él de forma sostenible”.

El Informe Brundtland propone tres tipos de “capital”: social, económico y medioambiental. Estos conceptos son importantes para adoptar medidas respecto a las fuentes de recursos mundiales que deben ser gestionados. Desde el contexto de la sostenibilidad, se define el capital social como aquél que permite relacionar la educación con el uso responsable de los recursos naturales. Para ello es necesario un enfoque educativo en el mundo de la construcción para que la industria adopte nuevos valores.

El capital económico es un concepto sobre principios financieros y políticos, de los que depende de la explotación de recursos.

Por último, el capital medioambiental se utiliza para cuantificar los recursos del planeta, tales como el agua, los combustibles fósiles, el suelo, minerales, entre otros. Se considera que la rama de este capital que engloba los hábitats, especies y ecosistemas se define como capital ecológico, que, aunque no pertenezca esencialmente en una categoría propia de estos capitales representa el sistema básico de vida para los seres humanos.

Fue en la Cumbre de la Tierra de la ONU celebrada en 1992 donde se situó el concepto de capital ecológico como parte del discurso político y económico. A raíz de situar la biodiversidad en los focos de atención, se creó el concepto de capital natural, que representa el método para cuantificar el valor de los bosques, los ecosistemas naturales, la tierra, los océanos, el agua y el aire. Esta técnica propia de la economía permite a las empresas dar valor a sus acciones. La base de este capital es la producción a partir de la Naturaleza, como las cosechas, el aire puro y el agua potable, las energías renovables, y la capacidad de la Naturaleza de renovar ecosistemas dañados.

Una de las introducciones en la legislación europea en el año 2002, de los acuerdos firmados en el Protocolo de Kioto, fue el impuesto sobre el carbono. Este impuesto incentiva el diseño de edificios y la implementación de energía renovable. Además, el Programa de Canje de Emisiones establecido en Reino Unido permite la compra de bonos de carbono entre

empresas. Este hecho tiene como consecuencia que las empresas interesadas, y con alto valor en el mercado, propongan proyectos de eficiencia energética, ejerciendo presión sobre aquellas que dependen de los combustibles fósiles. De esta forma, se promueven cambios en la arquitectura y en la forma de generar energía.

Otro de los beneficios que puede generar una empresa es la *Marca AENOR Medio Ambiente* (19), que puede influir en la imagen y calidad de sus servicios. De esta manera, el empresario garantiza su compromiso voluntario por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, colaborando junto con otras organizaciones en la lucha contra el cambio climático.

Esta Marca concedida por AENOR<sup>11</sup> está compuesta por tres huellas de carbono<sup>12</sup>:

- Las Emisiones de CO<sub>2</sub> calculadas,
- Las Emisiones de CO<sub>2</sub> compensadas
- Las Emisiones de CO<sub>2</sub> reducidas



*Logo Marca AENOR Medio Ambiente de Emisiones de CO<sub>2</sub> calculadas, compensadas y reducidas*

11 Asociación Española de Normalización y Certificación.

12 Huella de Carbono: *ecoetiqueta* utilizada para describir el cálculo de las emisiones de todos los gases de efecto invernadero asociados a organizaciones, eventos o actividades o al ciclo de vida de un producto en orden a determinar su contribución al cambio climático y se expresa en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes (19).



## 2.5 “La *Economía Azul*: 10 años, 100 innovaciones, 100 millones de empleos”

Para entender la motivación que llevó a Gunter Pauli<sup>13</sup> a escribir el libro “*Economía Azul*” (3) hemos de remontarnos al año 1991, cuando era un antiguo miembro del Club de Roma<sup>14</sup>. Su decepcionante experiencia en la empresa Ecover, especializada en productos de limpieza biodegradables derivados del aceite de palma, que estuvo asociada a la deforestación de la selva en Indonesia, le condujo a investigar en 1994, tres años antes de la aprobación del protocolo de Kioto, un nuevo modelo económico que no generara emisiones ni residuos, pero sí empleos para llegar a una factible sostenibilidad.

A lo largo de los años siguientes fundó la Fundación ZERI<sup>15</sup> en la Universidad de las Naciones Unidas en Tokio, con el objetivo de crear un inventario de innovaciones inspiradas en la naturaleza con base científica y viabilidad económica. Además, como miembro del Club de Roma se dispuso a redactar un informe con las cien innovaciones catalogadas en el libro objeto de estudio del presente proyecto.

Pero fue la crisis financiera que estalló en 2008 la que provocó una nueva visión del modelo económico existente basado en el consumismo, reduciendo los recursos naturales y generando más deuda.

Surge así la idea de “*Economía Azul*”, una economía que genera diversidad y que satisface las necesidades básicas de las personas, da oportunidades a los empresarios teniendo en cuenta los ecosistemas, emulándolos cuando hay escasez para llegar a la abundancia, eficientemente, reciclando, sin dejar residuos y empleando la energía necesaria (Figura 2.5.1). Dicho informe se presentó en el Club de Roma el 2 de noviembre de 2009.



Figura 2.5.1 Estado de autosuficiencia

Como asesor de gobiernos, empresarios y líderes de la industria trabaja desde la perspectiva de responder a las necesidades básicas en materia de agua, alimentación, vivienda, salud y energía, con los recursos disponibles localmente.

13 Gunter Pauli, de origen belga, es graduado en Licenciatura en Ciencias Económicas de la Universidad de Loyola y obtuvo el título de maestría en administración de empresas de INSEAD en 1982 en Fontainebleau, Francia. Es Doctor en diseño de sistemas y fue galardonado con un Doctorado Honorario por la Universidad de Pécs, Hungría. Fue fundador y presidente de más de diez compañías; Fundador y CEO del *European Service Industries Forum* (ESIF); secretario general de la *European Business Press Federation* (UPEFE); Fundador y presidente de la Fundación "Mozarteum"; presidente de la empresa Ecover; y asesor del rector de la Universidad de las Naciones Unidas en Tokio (Japón).

14 El Club de Roma es una organización no gubernamental fundada en Roma el año 1968 formada por científicos y políticos (46).

15 *Zero Emissions Research & Initiatives*: La red ZERI abarca un conjunto de más de una treintena de organizaciones en todo el mundo. Tiene la finalidad de servir de “antena” en la economía mundial e identifica aquellas innovaciones susceptibles de crear un cambio en la industria. Con representaciones en cuatro continentes y casi 200 proyectos que han demostrado en los últimos 20 años dónde están las oportunidades, ZERI ofrece información a los gobiernos sobre qué sectores atraer, a las empresas sobre en qué comercios enfocarse y a las comunidades cómo asegurar el capital social.

### 2.5.1 ¿Por qué una *Economía Azul*?

Como indica el título del presente trabajo, un nuevo ejemplo a seguir aguarda en el sector de la construcción, aunque no sólo en éste. El concepto de *Economía Azul* es aplicable en todo campo científico y su principal fin es cambiar el sistema actual financiero y económico.

Tal y como se ha explicado en los anteriores apartados, las condiciones en las que se encuentra el planeta parecen conducirlo hacia la escasez de recursos y hacia la contaminación del medio ambiente. El elevado consumismo y el incremento de la producción en la industria generan una elevada cantidad de despojos no reciclable que se filtran en el entorno provocando daños para los seres vivos. Además, el impacto en la atmósfera por la generación actual de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O preocupa la calidad del aire respirable. Las fuentes de estos tres gases proceden de la quema de combustibles fósiles, de los residuos animales y de los fertilizantes para los cultivos derivados del petróleo.

Existen múltiples residuos<sup>16</sup> que dependiendo de la actividad causada contaminan el ecosistema. Esto provoca que el agua, el aire, el agua, los mares y la tierra se contaminen a través de los desechos<sup>17</sup> de las producciones (Figura 2.5.2).

Más adelante el lector podrá comprobar que poner en práctica la filosofía de una *Economía Azul* implica que toda actividad o producto no liquida desechos que no se puedan reutilizar o aprovechar, tal y como hace la Naturaleza, que cada desecho sirve de alimento a otro.



Figura 2.5.2 Tipo de desechos globales

<sup>16</sup> Residuo: resto de algo que queda por la descomposición o destrucción.

<sup>17</sup> Desecho: aquello que queda de algo después de tomar lo más útil.

### **Emular los ecosistemas para una *Economía Azul***

En primer lugar, debe comprenderse que una economía necesita ser sostenible y una sostenibilidad requiere de una economía viable (Figura 2.5.3). En efecto, si una sostenibilidad es eficiente en cuanto a energía, recursos y no genera desechos, generará valor añadido a las empresas y, por tanto, empleos. Los dos términos deben ir unidos para lograr resultados.

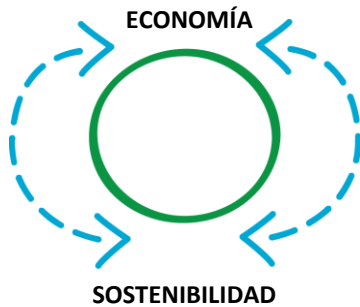


Figura 2.5.3 *Economía sostenible*

Según Pauli, esta economía promueve *tres niveles de sostenibilidad*, a ser: productos sostenibles, procesos sostenibles y sistemas enteros sostenibles.

Los beneficios comerciales y económicos obtenidos son la creación de productos competitivos, procesos competitivos y modelos empresariales competitivos.

Pero lo que promueve una *Economía Azul* es el estudio de los cinco reinos<sup>18</sup> de la Naturaleza para emular su funcionamiento. Además, en un ecosistema la energía empleada proviene de fuentes eficientes no contaminantes, y los desechos generados sirven de nutriente para otro reino. De esta manera, con la disponibilidad local se crea abundancia para satisfacer las necesidades de todos. Los ecosistemas son redes de redes, donde en cada una existe una gestión eficiente que conecta con las demás redes.

Par crear una vía sostenible, podría determinarse una *lógica ecosistémica*: emplear recursos y energía de manera eficiente (según su funcionamiento y empleando las leyes de la física como fuentes dinámicas) para crear empleo y dibujar una economía competitiva con valor añadido.

Para el autor, una clara metáfora de la economía modélica que debería emplearse es aquella que representa una *cascada*, donde los nutrientes descienden por una corriente con energía propia, alimentando a unos y reciclándose. Si se generan residuos no se desechan, puesto que éstos son el alimento o materia prima de otros, y así sucesivamente.

Esta concepción cíclica que regenera el hábitat y proporciona sustento es la que debemos incorporar en el sistema actual ya que nuestra salud está vinculada a la salud planetaria.

Más adelante se responderá a la cuestión sobre cómo podemos incorporar este concepto en el campo de la edificación y la forma de interferir en el sector de la construcción.

18 Los cinco reinos naturales son: reino vegetal, reino animal, reino fúngico, reino monera y reino protocista.

Con el fin de detallar las principales particularidades que describen esta *Economía Azul*, la siguiente lista reproduce la información que puede encontrarse en la página oficial a modo de resumen de la filosofía del autor (20):

- ✓ La *Economía Azul* responde a las necesidades básicas de todos con lo que se tiene, presentando innovaciones inspiradas en la Naturaleza, generando múltiples beneficios, incluidos empleos y capital social, ofreciendo más con menos.
- ✓ Las soluciones se basan principalmente en la física. Los factores decisivos son la presión y la temperatura que se encuentran en el sitio.
- ✓ Sustituir algo por nada: cuestionar cualquier recurso relacionado con su necesidad de producción.
- ✓ En los sistemas naturales en cascada de nutrientes, materia y energía: los residuos no existen. Cualquier subproducto es la fuente de un nuevo producto.
- ✓ La Naturaleza evolucionó de unas pocas especies a una rica biodiversidad. La riqueza significa diversidad. La estandarización industrial es lo contrario.
- ✓ La Naturaleza brinda espacio para los empresarios que hacen más con menos. La Naturaleza es contraria a la monopolización.
- ✓ La gravedad es la principal fuente de energía, la energía solar es el segundo combustible renovable.
- ✓ El agua es el solvente primario (sin complejos, químicos, catalizadores tóxicos).
- ✓ En la Naturaleza, la constante es cambio. Las innovaciones tienen lugar en todo momento.
- ✓ La Naturaleza solo funciona con lo que está disponible localmente. El negocio sostenible evoluciona con respeto no solo por los recursos locales, sino también por la cultura y la tradición.
- ✓ La Naturaleza responde a las necesidades básicas y luego evoluciona de la suficiencia a la abundancia. El modelo económico actual se basa en la escasez como base para la producción y el consumo.
- ✓ Los sistemas naturales no son lineales.
- ✓ En la Naturaleza todo es biodegradable, es solo cuestión de tiempo.
- ✓ En los sistemas naturales, todo está conectado y evoluciona hacia la simbiosis.
- ✓ En la Naturaleza, el agua, el aire y el suelo son comunes, libres y abundantes.
- ✓ En la Naturaleza, un proceso genera múltiples beneficios.
- ✓ Los sistemas naturales comparten riesgos. Cualquier riesgo es un motivador para las innovaciones.
- ✓ La Naturaleza es eficiente. De modo que los negocios sostenibles maximizan el uso del material y la energía disponibles, lo que reduce el precio unitario para el consumidor.
- ✓ La Naturaleza busca el óptimo para todos los elementos involucrados.
- ✓ En la Naturaleza, los negativos se convierten en positivos. Los problemas son oportunidades.
- ✓ La Naturaleza busca economías de alcance. Una innovación natural conlleva varios beneficios para todos.

## 2.5.2 Cómo acercarse a este libro

*“La Economía Azul ofrece un esquema que sigue la física y la Naturaleza en sus métodos de selección y producción de materiales. Pone en marcha de esta manera una cascada generativa y regenerativa de innovaciones.”*

El libro (3) objeto de estudio engloba la filosofía de una *Economía Azul* mediante la exposición de los casos establecidos alrededor del mundo. Al mismo tiempo, el autor nos revela las numerosas oportunidades que brinda dicha economía para todos los sectores.

Poniendo en especial énfasis el sector industrial y el sector alimentario, otro de los sectores con gran repercusión es el de la construcción, para el que lista un total de cincuenta tecnologías que se inspiran en la Naturaleza y que sirven de aplicación a la arquitectura. Más adelante se tratará esta cuestión.

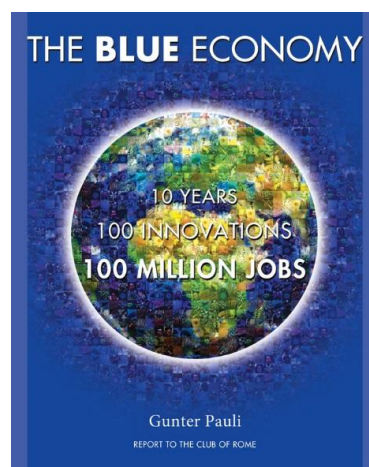
A nivel energético, el autor nos propone una cantidad de iniciativas con objetivos muy tentadores respecto a soluciones medioambientales.

En los apéndices del libro se encuentra la *tabla de las cien innovaciones inspiradas en la Naturaleza* y sus modelos empresariales. En ésta disponen solamente información respecto los autores, universidades, empresas y las fuentes de inspiración (las especies).

Estas innovaciones ofrecen unas oportunidades potenciales en distintos sectores, para los que define, además, los tipos de aplicaciones que podrían emplearse. Estas aplicaciones generan unos beneficios tanto medioambientales como empresariales, cifrados en cantidades de puestos de trabajo, orientando la actividad empresarial hacia el sustento.

La ventaja principal de casi todas las innovaciones descritas reside en el potencial de ventas que favorece múltiples fuentes de ingresos, y, por ende, los inversores deben reevaluar el riesgo de sus inversiones.

Aunque debe destacarse que el quid de las innovaciones radica en la posible combinación de estas tecnologías. Juntar varias innovaciones “podría promover el diseño de un sistema capaz de impulsar nuestro mundo hacia la auténtica sostenibilidad [...]”.



### 2.5.3 Eficiencia material y energética

#### Modelo en cascada

Gunter Pauli introduce el término *Modelo en cascada* en los principios a seguir para una *Economía Azul*. Este concepto refleja la eficiencia de la sostenibilidad de un sistema mediante el desarrollo de un modelo organizativo que conlleva a producir abundancia.

Por ejemplo, si uno se imagina una cascada podrá visualizar la manera en la que un *Flujo de Nutrientes* (Figura 2.5.4), compuesto de minerales, microorganismos y otros, desciende por gravedad hacia una superficie que alimenta a especies y que produce vegetación. Todo el despojo que haya descendido sirve para el alimento o supervivencia de otras especies. Este traspaso de nutrientes de un reino a otro no requiere de una fuente de energía externa y no contamina.

Si se aplicase este modelo no se generarían costes extras en materia de energía o materiales, por lo que influye directamente en los beneficios de cualquier organización.

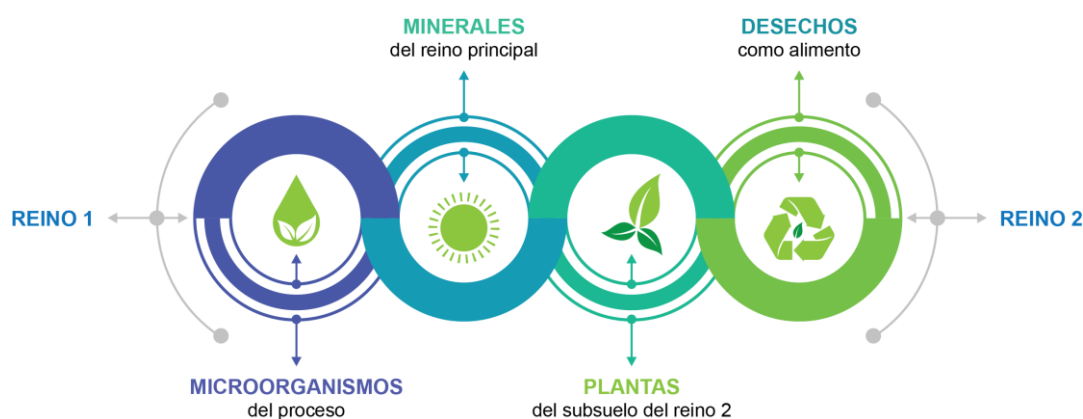


Figura 2.5.4 Flujo de Nutrientes

Para poder visualizar las diferencias que existen entre el modelo actual y los modelos empresariales que propone el autor podemos recurrir al ejemplo de la cuchilla de acero explicada en el libro (3).

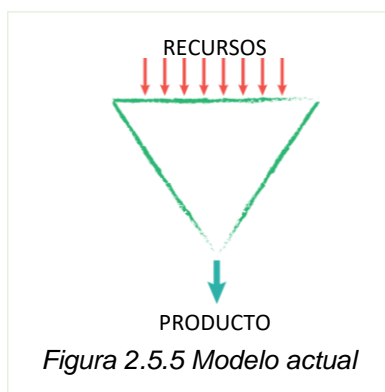
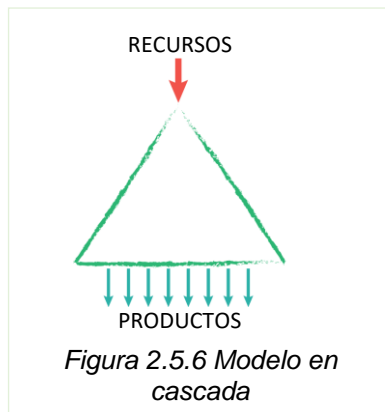


Figura 2.5.5 Modelo actual

Para generar una maquinilla se necesita extraer petróleo para producir el plástico que se moldeará en caucho. Pero, además, es necesario fundir a altas temperaturas una cantidad de diez minerales distintos para obtener el acero carbonado de las hojas de la cuchilla. Respecto a los efectos sobre el medio, este modelo genera una gran cantidad de desechos que acaban en el vertedero, consume un elevado porcentaje de energía y agua y gasta recursos no renovables. Puede observarse que esta relación entre los recursos empleados a los productos generados es un modelo de ineficiencia material (Figura 2.5.5).

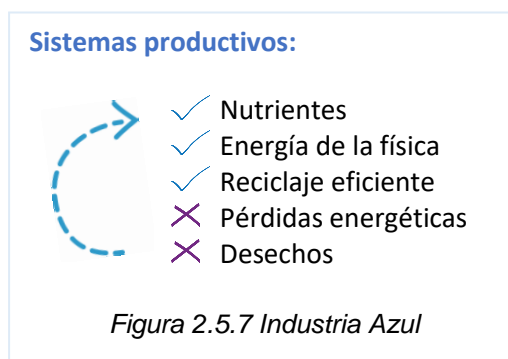


El modelo que plantea Gunter Pauli, en referencia a este caso, se basaría en el ejemplo de cascada regenerativa que ofrecen la morera y los gusanos de seda. A partir de éstos, se crea un proceso de extracción de polímeros de la seda, en los que se remodela su geometría molecular para imitar la seda de la araña. Como resultados se obtienen productos para las maquinillas de afeitar, productos médicos y cosméticos (Figura 2.5.6). A parte de proporcionar empleos, este modelo en cascada es óptimo por la utilización de materiales renovables, por la regeneración del suelo de las deyecciones de las orugas, se capta carbono de la atmósfera y se rebaja la demanda de fertilizantes.

### Implementar una *Economía Azul*

La filosofía que nos propone Gunter Pauli se puede trasladar al sector industrial con el objetivo de ejecutar sistemas productivos basados en una *Economía Azul* e invertir la pirámide actual.

Esta producción consistiría en que los nutrientes (o productos) se transformarían mediante una energía derivada de la física que no generara pérdidas, reciclando de modo eficiente, sin contaminar. Los desechos del proceso de fabricación se reutilizarían como nuevos nutrientes para otra producción, volviendo a formar parte del sistema (Figura 2.5.7). Este desafío a la escasez plantea beneficios para la economía a escala global y, emulando a la Naturaleza, crea un método de autosuficiencia capaz de crear abundancia donde no la hay. Del mismo modo, allí donde el sector de la minería forma parte del proceso de producción, los sistemas naturales hacen lo mismo en menos tiempo, con un coste energético menor.



Como se describe en la web (20), los “Modelos de Negocio Innovadores son capaces de brindar productos y servicios competitivos al mercado respondiendo a las necesidades básicas mientras se construye capital social y se mejora la vida consciente en armonía con el camino evolutivo de la naturaleza.”



### Nuevas opciones energéticas

Según el autor, las iniciativas actuales del sector energético deben ofrecer algo más que ahorros energéticos del 20-30%, puesto que la idea de asegurar una inversión por el ahorro no tiene posibilidades de prosperar en períodos de crisis económicas. Por tanto, se trata de un modelo inaceptable que no garantiza unos ingresos adicionales para seducir a los que aportan capital.

A parte, considera que las opciones de energías renovables, como la fotovoltaica, eólica y del hidrógeno, no tienen soluciones de eficacia como en los ecosistemas.

Entonces, ¿cómo hace la Naturaleza para producir y distribuir la energía?

La idea de Pauli parte en recortar la demanda y de crear un sistema de consumo que requiera menos energía externa, reduciendo significativamente la dependencia de la minería y acabe con los daños colaterales. Considerando la eficiencia de los sistemas naturales a la hora de generar energía, este nuevo modelo enfoca la gestión de la demanda como una intervención en el lado del suministro.

Las plataformas tecnológicas que ofrece proporcionan rendimientos mejores que la inversión en el mercado restringido. Además, el autor ha calculado y rebajado los riesgos de las innovaciones, debido a que modifican la esencia del modelo empresarial actual y pueden llegar a reducir tales riesgos.

La energía se entiende como un medio con el objetivo de llegar a un fin, en el que puede aportar alimento, agua, cobijo, transporte y salud.

A continuación, y como ejemplo, se muestra una tabla con algunas especies y su capacidad de generar eficiencia energética:

<i>Capacidades energéticas de las especies naturales</i>	
<b>Delfines y ballenas</b>	Reducción de la fricción
<b>Atunes</b>	Conservación del calor
<b>Pez cofre</b>	Sistema bioquímico como aislamiento
<b>Escarabajos de la harina</b>	Producción natural de anticongelante
<b>Oreja de mar</b>	Producción de cerámica en agua fría
<b>Calamares</b>	Producción de luz fría
<b>Osos</b>	Química de la hibernación
<b>Líquenes</b>	Energía en estado sólido
<b>Escinco de Arabia</b>	Deslizamiento sin fricción
<b>Escarabajos del desierto</b>	Captación de agua
<b>Termitas</b>	Sistemas de calefacción y refrigeración

*Tabla 2.5.1 Eficiencia energética de las especies*

De este modo, surge el concepto de sustituir *algo por nada*. Inspirado en la idea de que los ecosistemas generan energía de manera mucho más eficiente que nuestros sistemas. La idea de producir algo sin necesidad de consumir energía o química consigue que con menos inversión se obtengan más beneficios, por lo tanto, impulsa a la eficiencia y a la economía.



Las opciones energéticas que propone Pauli derivan de las seis fuentes principales de electricidad de la Naturaleza: el calor, la luz, la fricción, la presión, el magnetismo y la bioquímica. Aunque el magnetismo y la reacción química ya están presentes en la producción eléctrica a escala mundial, también existen corrientes eléctricas más débiles a partir del calor, la presión y la fricción.

Además, propone la generación de electricidad mediante:

- Electricidad a partir del pH
- Electricidad a partir de diferencias de temperatura
- Electricidad a partir de la gravedad y la presión
- Energía a partir del movimiento
- CO<sub>2</sub> como fuente de energía

Unos cuantos ejemplos que podremos encontrar en la tabla de las innovaciones son (pág. 183-184):

- ✓ El *CoroPatch* es un parche que registra temperatura, el pulso y el pulso sin necesidad de cables ni pilas.
- ✓ La *nanoingeniería* de la seda reduce la demanda de acero inoxidable.
- ✓ Uso de bacterias *queladoras* para recuperar los metales de las pilas gastadas.
- ✓ Estabilización de productos que necesitan refrigeración mediante procesos naturales.
- ✓ Tecnologías de vórtices por gravedad para obtener agua potable, sin necesidad de consumir energía ni bactericidas.

### ***Una isla para imitar***

Gunter Pauli y su Fundación ZERI tienen como objetivo desarrollar estrategias sostenibles basadas en la filosofía de la *Economía Azul*.

En la isla canaria de El Hierro, el autor ha coordinado el modelo económico basado en el ideal anterior.

Se han llevado a cabo 19 de las cien innovaciones descritas en el libro (3).

Han conseguido que la isla sea autosuficiente en abastecimiento de agua y energía desde 2011. Todos los desechos agrícolas se dedican al cultivo de setas y el sustrato sobrante se convierte en compost o se destina a la alimentación animal.

Además, pretenden que en una década todos los coches sean eléctricos y que se abastezca la demanda energética mediante la energía de las olas.



Central Gorona del Viento, en Valverde, El Hierro  
(Xavier Cervera) (25)

El julio de 2012 ya se hacían eco en los periódicos y fue noticia en varios medios, como El País (21), la revista Ambianta (22), en Canarias7 (23), en el DiarioElHiero.es (24) y en febrero de este año en La Vanguardia (25) por cumplir 18 días seguidos la demanda energética mediante el 100% de fuentes renovables. Otro de los sistemas instalados es una torre de refrigeración que absorbe el agua del aire saturado generando un vórtice.

### **CO<sub>2</sub> como fuente de energía**

Gunter Pauli expone en su libro las oportunidades que tiene la industria con el potencial del CO<sub>2</sub> para poder satisfacer las necesidades básicas sin generar cambios en el medioambiente. Su filosofía destaca que un “problema” debe derivarse en “oportunidad” y es el CO<sub>2</sub> el que podría contribuir a una sociedad más sostenible.

Para conseguir este objetivo el autor propone las algas, las cuales absorben el dióxido de carbono. Otras investigaciones proponen tecnologías que permiten convertir el dióxido y el monóxido de carbono en plásticos y productos químicos.

También hay otras técnicas que aprovechan el CO<sub>2</sub> mediante enzimas que fijan este gas y lo reprocesan en carbonato cálcico para el uso en la construcción.

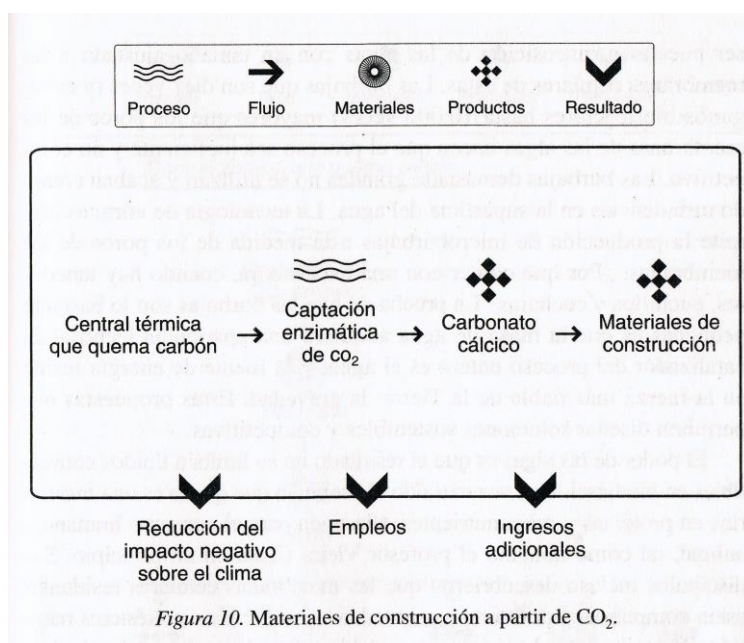


Figura 10. Materiales de construcción a partir de CO<sub>2</sub>.

Ejemplo de gráfico desarrollado por Gunter Pauli en (3)

### 2.5.4 *Economía Azul* y arquitectura

Uno de los últimos capítulos del libro de Gunter Pauli trata sobre la arquitectura, campo al que le da mucha importancia, puesto que la mayor parte del tiempo la sociedad lo pasa en espacios interiores.

Para el autor el diseño de los edificios debe asegurar la salud y la seguridad. La clave que pone para alcanzar un entorno saludable recae en el potencial de hidrógeno (pH).

Debido a la contaminación del aire, el entorno en el que vivimos tiene un alto nivel de acidez. Teniendo en cuenta que pasamos una media de 8 horas en el dormitorio, considera que el aire de la estancia debería tener un pH alcalino y son los flujos de aire y materiales los que nos proporcionan este alcance. Además, deben tenerse en cuenta los gases que emiten los materiales del edificio.

Asimismo, desde la Cooperativa de Arquitectos explican que existen dos fuentes de contaminación en el interior de las viviendas: la generada por las personas, como la humedad y los productos químicos, y la propia del edificio, como el mobiliario o la pintura. También destacan que "el hermetismo en los edificios y los problemas de ventilación han disparado la contaminación del aire que respiramos en su interior" (26).

Por ello, asegura que un diseño y una construcción con estrategias basadas en una *Economía Azul* mejorarían la calidad del aire exterior e interior de forma natural.

#### **Los siete flujos de la arquitectura**

El aire, la luz, el agua, la energía, el sonido, la materia y los ocupantes influyen en la composición y funcionalidad de nuestro domicilio. Estos conceptos deben estar equilibrados para proporcionar la salud y el nivel de bienestar (Figura 2.5.8).

El reto para integrar estos parámetros en el diseño consiste en emular los ecosistemas y crear espacios que mantengan un pH interior óptimo.

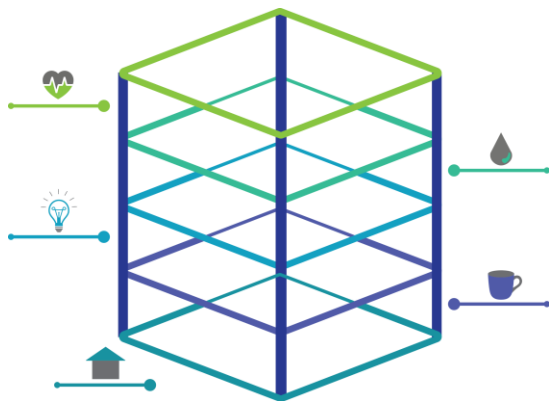


Figura 2.5.8 Conexión entre salud y bienestar

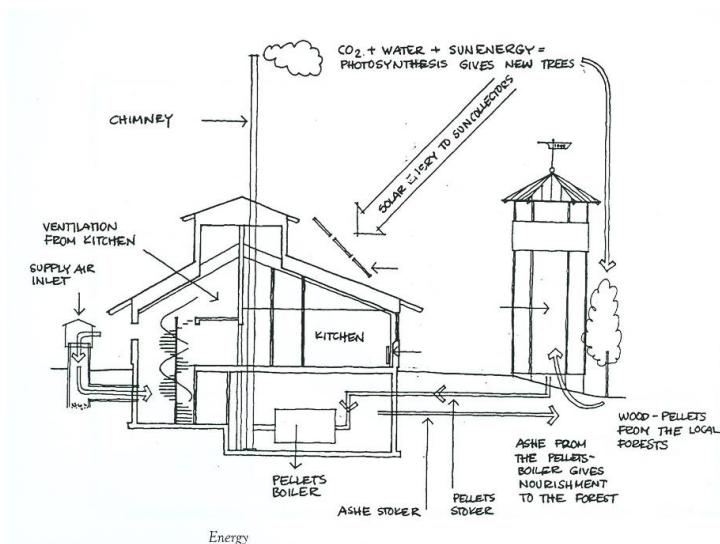
Respecto a la climatización de interiores, si tenemos en cuenta que muchos de los edificios actuales están contruidos herméticamente y los acristalamientos suelen ser de triple hoja, la producción de ácaros en el interior viene repercutida por la anulación de la entrada de los rayos ultravioleta. Esto produce ácaros en el interior y causa molestias en las vías respiratorias.

Como dice el autor, se trata de ir más allá de edificios verdes, con ahorros energéticos y techos de hierba, con certificados de sostenibilidad. Se trata de conseguir espacios que promuevan la vida y estén conectados con el entorno.

Los objetivos de esta práctica consisten en construir y equipar espacios que mantengan su funcionalidad, una estética y unos costes reales.

Igualmente, revisar las normativas de construcción y los estándares de la industria forma parte del proceso para poder integrar las innovaciones basadas en una “ciencia sólida”.

Al mismo tiempo, si recurrimos a la *lógica ecosistémica* en adaptarse a las diferencias de temperatura y de presión podríamos aplicar a nuestros edificios las maravillosas soluciones que aportan, por ejemplo, las termitas, las cebras o los escarabajos. Así, además, eliminaríamos componentes en el diseño y produciríamos más con menos energía.



Escuela Laggarberg en Suecia, (27)

Por ejemplo, la escuela Laggarberg, diseñada por el arquitecto Anders Nyquist (27), es una de las innovaciones propuestas en la tabla del libro en la que su diseño imita a las termitas en materia de renovación de aire, consiguiendo una eficiencia energética importante mediante los flujos de aire (pág. 307).

En la tabla siguiente se detallan algunos ejemplos de aplicaciones en la arquitectura:

Flujos de aire y luz	Calefacción a través del suelo por descomposición vegetal.
	Circulación del aire según los túneles y chimeneas de las termitas.
	Filtros de aire según los bosques de la selva.
	Circulación de aire mediante hongos en el sótano.
Flujo de agua	Vórtices para la separación de aguas fecales.
	Sistemas de limpieza del agua como los de las almejas
	Purificación del agua según el método del camarón pistola.
	Captura de agua del aire según el escarabajo del desierto del Namib.
	Acumulación de humedad por ósmosis como el diablo espinoso.
	Absorción de agua del aire como las espinas de los cactus.
	Reducción del gasto de agua mediante la fuerza de la gravedad.
Flujo de sonido	Capturar energía del sonido como los delfines y las ballenas.
Flujo de energía	Piezoelectricidad en las estructuras para producir electricidad.
	Corrientes de aire locales como el caso de las cebras.
	Generación de corriente continua mediante diferencia de temperatura entre la cara soleada y la sombreada de un edificio.
	Turbina que crea vórtices en el aire.
Flujos de personas y materiales	Conversión de restos de comida en bioplásticos.
	Jardines urbanos como flujo de nutrientes mediante el reciclaje de los desechos generados.

Tabla 2.5.2 Los flujos en la arquitectura

### ***El edificio de la Economía Azul***

Como se ha expuesto anteriormente, los flujos para una arquitectura sostenible deben unificarse y estar equilibrados entre ellos.

Por ello, y en referencia a los apartados que trata sobre arquitectura y construcción, se relatan a continuación las tecnologías para implementar la filosofía de una *Economía Azul* en una edificación (véase anejo C):

- ✓ *Sótanos*: circulación del aire y entrada del espectro lumínico; alcalinizar el pH.
- ✓ *Estructuras*: bloques de espuma de vidrio reciclado; fibras de bambú en el hormigón armado.
- ✓ *Fachada*: revestimiento inspirado en la física de la flor de loto para la auto limpieza; materiales claros y oscuros para reflejar la luz, enfriar la superficie y generar corrientes de aire.
- ✓ *Cubierta*: jardines para cultivo y para reducir la temperatura superficial; colocación de micro molinos en cubierta para generar energía; torres de refrigeración de captación de agua del aire mediante superficies hidrófobas e hidrófilas para verterla sin bombas desde la cubierta hacia la planta baja, para uso sanitario y de limpieza.
- ✓ *Revestimientos en paredes y forjados*: materiales compuestos de conchas marinas (carbonato cálcico); materiales compuestos por algas secas y yeso laminado; bioplásticos derivados de restos de comida.
- ✓ *Interiores*: plantas abastecidas del agua de la lluvia recogida en cubierta; revestimiento de las lámparas con queratina para producir blancura; moquetas conectadas eléctricamente con las ventanas (mediante fibras de carbono y energía solar) para mantener el suelo a temperatura ambiente y seco.
- ✓ *Ventanas*: las lunas permiten el paso de los rayos UV.
- ✓ *Acabados*: papel de lija derivado de botellas de vidrio desechadas.
- ✓ *Cuartos húmedos*: cultivo de setas.
- ✓ *Sanitarios*: separación mediante vórtices de sólidos y líquidos.
- ✓ *Instalaciones eléctricas*: turbinas eólicas de vórtices en el aire; sensores para captar la diferencia de temperatura del cuerpo humano.
- ✓ *Instalaciones de fontanería*: tuberías generadoras de vórtices para oxigenar aguas residuales.
- ✓ *Instalaciones contra incendios*: materiales ignífugos derivados de ingredientes alimentarios; sensores de fuego del coleóptero.



### **Arquitectura de emergencia**

Una de las aplicaciones de gran utilidad de esta economía es la posibilidad de crear diseños y construcciones asequibles y renovables en zonas sufridas por catástrofes.

Un ejemplo es la construcción de estructuras de bambú, que gracias a su resistencia a la tensión y la compresión resulta un material muy eficaz.

Una de las innovaciones descritas en el libro (3) propone prensar fibras de bambú y cemento a partes iguales sin ningún aditivo químico para crear paneles de cemento con una huella de carbono neutra.

Por otro lado, el arquitecto colombiano Simón Vélez diseñó el pabellón de ZERI para la Exposición Universal de 2000 en Hanover, la mayor estructura de bambú del mundo que resultó cumplir con las normativas de construcción alemanas. El arquitecto subraya que «los edificios deben bailar al ritmo de la tierra» y el bambú resulta ser muy resistente a los terremotos por su capacidad de moverse con ellos y por no tener ángulos de 90°.



Además, existe otra innovación que permitiría transformar los desechos de las construcciones con bambú en carbón vegetal, mediante un método de preservación del bambú con sus gases de combustión.

*Pabellón ZERI: estructura de bambú, cemento reciclado, cobre y una mezcla de barro, cemento y paneles de fibra de Bambú (47)*

## 2.6 Tabla de las *cien innovaciones*

El objetivo principal de este proyecto consiste en la realización de una tabla estructurada que contenga la información necesaria sobre las cien innovaciones que propone Gunter Pauli en su libro (3).

En el anejo D del presente trabajo final de grado, el lector encontrará dicha tabla con los datos seleccionados obtenidos a raíz del estudio realizado.

Asimismo, en este apartado se definirán todos los conceptos introducidos en dicha tabla y la metodología a seguir para la interpretación de la filosofía de Pauli.

Destacar que la finalidad de este trabajo es facilitar la búsqueda de las innovaciones según el sector económico. Por este motivo, y poniendo especial interés en el sector de la construcción, el lector dispone de una segunda tabla (anejo E) en la que se abarcan todas aquellas innovaciones relacionadas con el sector de la construcción.

Los criterios utilizados para la clasificación de estas innovaciones se han basado según los siguientes puntos:

- ✓ *Aplicaciones* directas en la construcción.
- ✓ En la catalogación de *tecnologías para la arquitectura* que realiza el autor.
- ✓ En los conocimientos de la alumna en dicho sector por los que ha considerado que ciertas *innovaciones* podrían estar relacionadas con la construcción.

Esta clasificación de innovaciones para el sector de la construcción o la arquitectura se basa, por lo general, en los conocimientos de Pauli, por lo que debería verificarse la viabilidad de tales innovaciones, así como las bases científicas y tecnológicas que están descritas en el libro (3).

Por este motivo, la propuesta de este trabajo consiste en incentivar a científicos y emprendedores a que encuentren en esta nueva filosofía la motivación para investigar y contrarrestar las posibilidades de cada innovación. Y, cómo pretende ser el propósito de esta filosofía, cambiar el modelo actual de economía.

### 2.6.1 Contenido de la tabla de las *cien innovaciones*

Cómo se ha comentado, en el anejo D del presente proyecto se halla la tabla con la catalogación de las *cien innovaciones* descritas en (3).

En éste, el lector puede comprobar que el autor ya plantea una tabla con las *cien innovaciones inspiradas en la Naturaleza*, y, a continuación, las características de *modelos empresariales competitivos* de casi cada una de ellas.

Con esta recopilación de datos, más los que se describen en toda la obra, la tabla diseñada contiene toda aquella información relevante para los posibles estudios posteriores.

En los títulos de la tabla se han establecido categorías y subcategorías con el fin de seguir el orden que plantea Pauli en su tabla delimitada.

A modo de facilitar la comprensión del contenido de la tabla, la lista siguiente detalla las particularidades de cada término, basadas según los criterios de Pauli:

#### **Grupo**

El autor clasifica las innovaciones en cuatro grupos:

- *Reutilización a imitación de los ecosistemas* (16 innovaciones): se inspiran en ecosistemas en los que se reutilizan los materiales, los nutrientes y la energía en ciclos interminables, mediante energía solar y gravitatoria. Generan más ingresos, empleo y capital social a través de actividades independientes a la actividad principal.
- *Sustitución de algo por nada* (20 innovaciones): se trata de invertir menos, pero generar más. Los materiales tóxicos o no renovables dejan de ser necesarios. Este efecto de sustitución ofrece a los empresarios la oportunidad de desarrollar productos no contaminantes y libres de toxinas accediendo competitivamente al mercado.
- *Plataformas tecnológicas* (59 innovaciones): este grupo abarca negocios introducidos con éxito en el mercado y tecnologías que requieren investigación para comercializarse. La clave reside en agrupar las innovaciones de este grupo para generar todas las combinaciones posibles que creen empleo y ventajas empresariales.
- *Alimento para el pensamiento* (5 innovaciones): descubrimientos inspiradores que evidencian la capacidad de generar modelos de negocio que respondan a las necesidades básicas de todos mediante tecnologías naturales.

#### **Innovación inspirada en la naturaleza**

- Número: se ha mantenido la numeración que se marca en la tabla del libro con el fin de facilitar la búsqueda de cada innovación.



- Título: se ha mantenido el nombre de las innovaciones con el fin de facilitar la búsqueda de cada innovación.
- Descripción: según el análisis del libro en cuestión, se ha descrito con brevedad las características que definen cada innovación.

### ***Modelo de inspiración***

Las especies se clasifican según los cinco reinos de la naturaleza empleados por Pauli:

- *Vegetal*: seres vivos fotosintéticos, sin capacidad locomotora y cuyas paredes celulares se componen principalmente de celulosa.
- *Animal*: grupo de organismos vivos de los cuales son eucariotas, heterótrofos, pluricelulares y tisulares.
- *Fúngico*: organismos eucariotas entre los que se encuentran los mohos, las levaduras y los organismos productores de hongos.
- *Monera-bacterias*: organismos microscópicos que habitan todos los ambientes y que están formados por una sola célula sin núcleo definido.
- *Protoctista-algas*: organismos eucariontes que no pueden clasificarse dentro de alguno de los otros tres reinos eucariotas.

Otros modelos:

- Física: el autor menciona las diferentes leyes de la física en el libro, aunque la fuerza de la gravedad sea el modelo energético más empleado.
- Otros: se incluyen en este grupo aquellos modelos que no quedaban reflejados en los anteriores o para diferenciarlos de los reinos naturales. Se engloban desde procesos químicos al aparato digestivo del ser humano.

### ***Investigadores (Ciencia básica)***

En esta agrupación se detallan: nombres de los investigadores, país de la sede de investigación, y el nombre de las adscripciones correspondientes.

### ***Oportunidades potenciales***

- *Actividad según sector*: se incluyen los sectores económicos primario, secundario y terciario según las aplicaciones de cada innovación.
- *Aplicaciones*: se han introducido aquellas aplicaciones para cada innovación según los datos obtenidos de la lectura del libro (3).

**Modelos empresariales**

- *Beneficios*: se diferencian aquellos respecto a la mejora del medio ambiente y aquellos destinados a potenciar los ingresos económicos y las actividades de las empresas.
- *Empleos potenciales*: según el autor, los empleos, que se generan de las aplicaciones de cada innovación, se registran a nivel local y mundial, y según los datos aportados por Pauli “están sobrestimados por un factor de diez, generando un gran impacto a escala mundial”.

**Desarrolladores**

En esta agrupación se detallan: nombres de los investigadores, país de la sede de investigación y el nombre de las adscripciones correspondientes.

**¿Ha sido probada en la realidad?**

Las innovaciones citadas en el libro abarcan desde aquellas que han sido introducidas en el mercado con éxito hasta aquellas que no han sido desarrolladas. En la tabla se especifica si han sido probadas o no, pudiendo estar desarrolladas por universidades o por empresas.

**Nivel de desarrollo**

1. *Idea no contrastada*: aquellas que Pauli propone y que necesitan ser investigadas, puesto que son hipótesis e ideas que tiene el autor. No están desarrolladas.
2. *Estimación de rendimientos de producción*: se han valorado datos respecto a su implementación y el modelo empresarial a seguir. No están desarrolladas.
3. *Estimación de viabilidad económica*: se han evaluado datos para crear inversiones e incentivar el potencial económico en el mercado. No están desarrolladas.
4. *Ensayado en prototipo único*: aquellos inventos que han sido probados una única vez o a escala pequeña, con el fin de verificar los estudios realizados de cada aplicación. Sí están desarrolladas.
5. *Ensayado en mercado a pequeña escala*: innovaciones aplicadas con éxito a nivel local y en ámbito reducido. Sí están desarrolladas.
6. *Validado por el mercado*: aquellos proyectos que están establecidos en la realidad con éxito. Sí están desarrolladas.

### ***¿Modelo en cascada?***

Según las aplicaciones que propone el autor para cada innovación se han clasificado aquellas que generan un modelo organizativo en cascada y, por tanto, que obtienen resultados característicos de este concepto de Pauli.

### ***Donde hallar la descripción***

Páginas del libro (3) dónde encontrar información respecto a la innovación.

Por otro lado, se han matizado, con tres colores, aquellas innovaciones clasificadas en el sector de la construcción, destacando con tono violeta aquellas que la alumna considera que podrían relacionarse con dicho sector.

### 2.6.2 Terminología de una *Economía Azul*

Con la intención de sintetizar aquellos datos principales que certifican la filosofía de Gunter Pauli para la implementación de una *Economía Azul*, el siguiente esquema representa el funcionamiento de este ideal y sus logros (Figura 2.6.1).

Como puede observarse, imitar la Naturaleza y su modelo de inspiración está relacionado con el principio científico a desarrollar, en el que a través de observar el comportamiento de las especies de los cinco reinos naturales y su modelo organizativo, denominado *modelo en cascada*, pueden desempeñarse innovaciones que se caracterizan por estar agrupadas según los modelos de inspiración.

Estas innovaciones parten del principio inspirador y, siendo cien las estudiadas en este proyecto, pueden ser muchas más.

Cada innovación descrita en este libro tiene la particularidad de generar una o más aplicaciones según el sector económico a implementarse.

Estas aplicaciones son las que brindan beneficios, tanto positivos para el medio ambiente como los económicos que crean puestos de trabajo.

De esta manera se crean empresas con la filosofía de una *Economía Azul*.

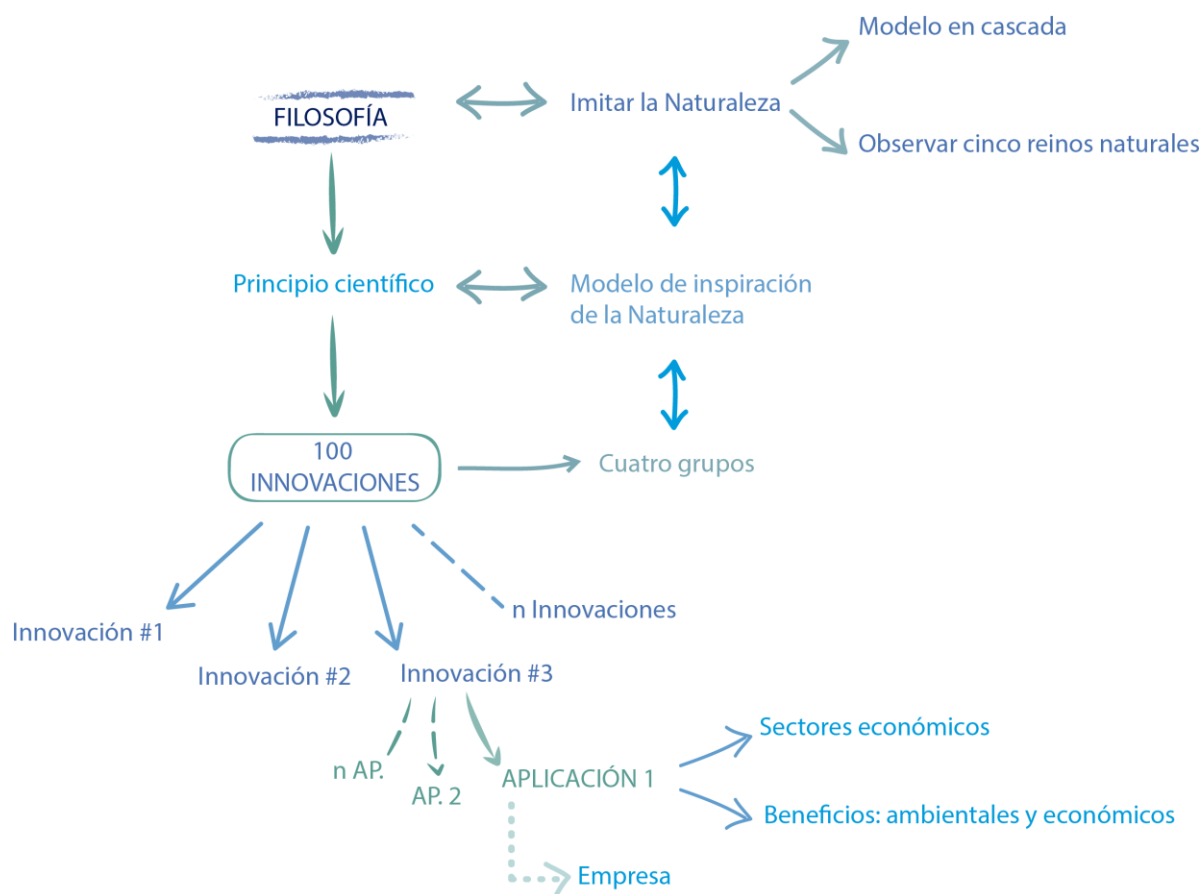


Figura 2.6.1 Esquema de la filosofía para una *Economía Azul*

### 2.6.3 Resultados obtenidos

Gracias a la elaboración de la tabla presentada en el anejo D y al esfuerzo realizado para “desgranar” todos aquellos datos que Gunter Pauli presenta en el libro (3) se ha obtenido un listado de resultados que ofrecen una visión más amplia del panorama en el que se hallan todas las innovaciones para una *Economía Azul*.

Una vez realizada la tabla se ha procedido a filtrar aquellos valores relevantes para el análisis y se han confeccionado gráficos y tablas.

Estos valores que han llamado la atención, y por los que se han considerado interés de estudio, figuran, por una parte, como aquellos que muestran el papel de las sedes de investigación, pues es uno de los factores que determina si cada innovación está desarrollada o no.

Para empezar, se ha obtenido que, de las cien innovaciones de la tabla del anejo D, 58 han sido investigadas en universidades o institutos, y 45 se han investigado en empresas o instituciones privadas.

De las 58 innovaciones investigadas en universidades sorprende que solamente 3 de éstas se hayan desarrollado en el mercado (gráfico 2. 6. 1), mientras que de las 45 innovaciones de empresas 36 han sido desarrolladas (gráfico 2. 6. 2). Por tanto, de las cien innovaciones expuestas en la tabla, 39 están desarrolladas.

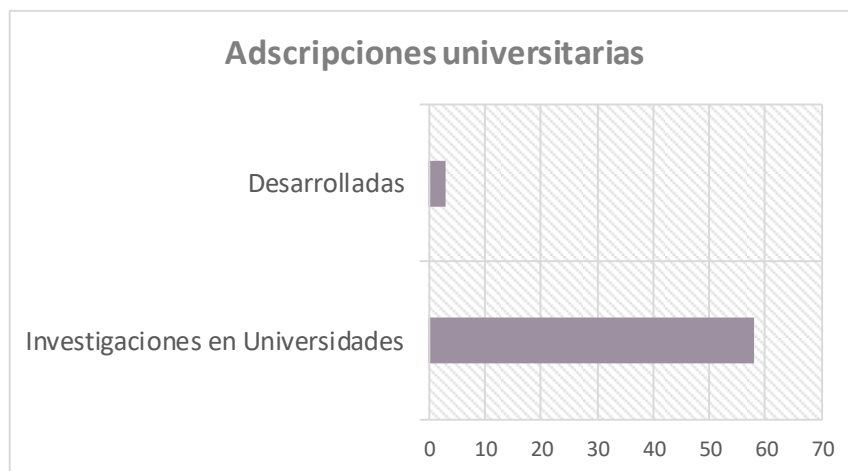


Gráfico 2.6.1 Innovaciones de universidades

Esto muestra la tendencia de que las innovaciones investigadas y llevadas a cabo en empresas privadas tienen como objetivo establecerse en el mercado, mientras que las que son investigadas en universidades no consiguen desarrollarse a la práctica.

Puede que uno de los motivos resida en la financiación económica, tan importante en los mercados y en la economía, de los proyectos y en los intereses del mercado a desarrollar según qué investigaciones.

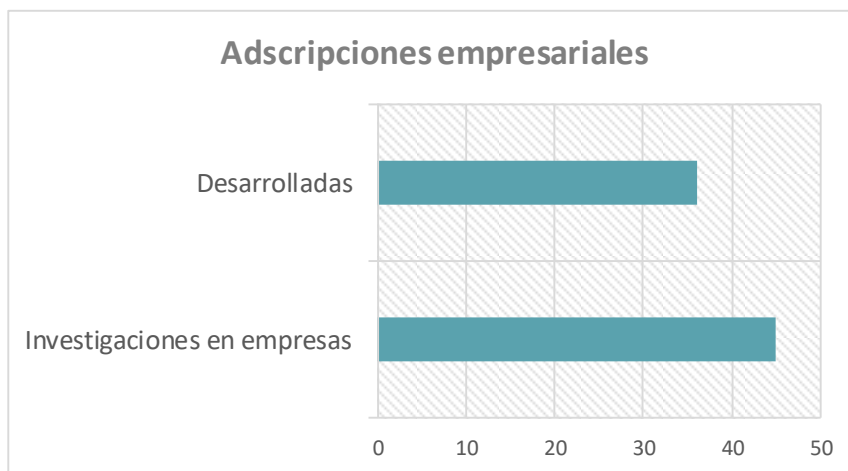


Gráfico 2.6.2 Innovaciones de empresas

Asimismo, según el nivel de desarrollo que se ha establecido para cada una de las cien innovaciones, se ha generado un gráfico (2.6.3) en el que se muestra la incidencia de las investigaciones de universidades y empresas (según los datos obtenidos anteriormente para cada adscripción) según el nivel de desarrollo.

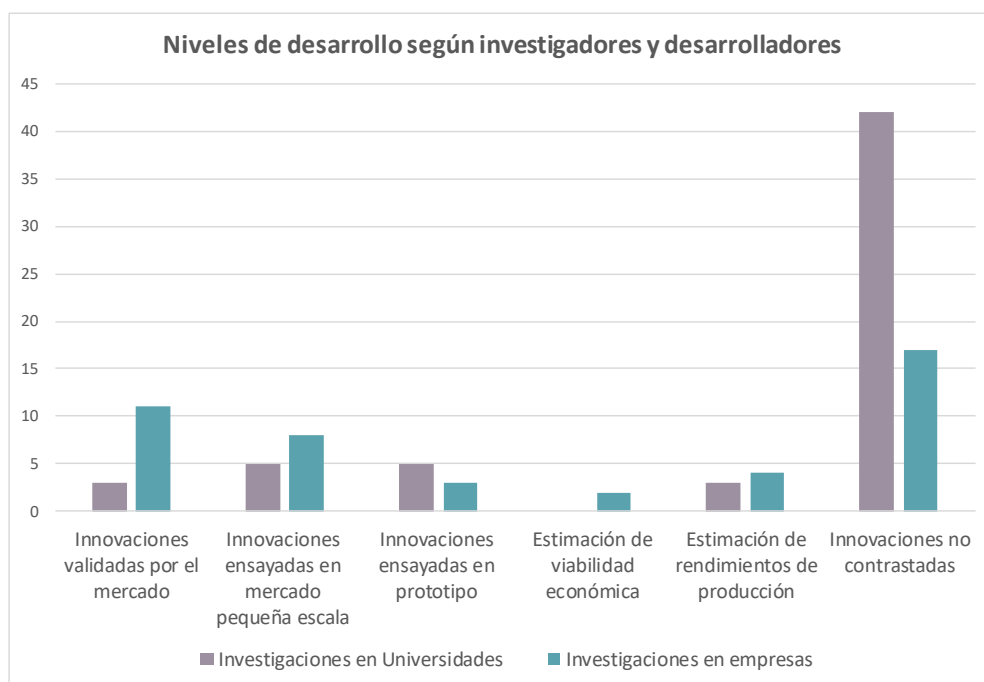


Gráfico 2.6.3 Innovaciones según su nivel de desarrollo

Como se observa, las investigaciones en empresas tienden a alzarse en los niveles validados en el mercado y los ensayados en éste. En cambio, las investigaciones en universidades encabezan el nivel de ensayos en prototipo y el de las innovaciones no contrastadas.

### Sectores económicos

Como se ha explicado en el apartado anterior, cada innovación está relacionada con una o más aplicaciones con incidencia en uno o más sectores económicos. Los niveles de desarrollo propuestos en la tabla están establecidos por cada innovación, de la que pueden surgir una o más aplicaciones. Los gráficos siguientes muestran la incidencia de cada sector para cada uno de los niveles de desarrollo de las aplicaciones planteadas.

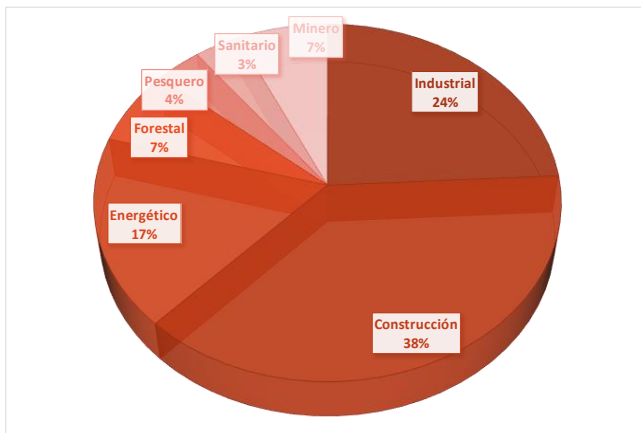


Gráfico 2.6.4 Validadas por el mercado

De las innovaciones que se hallan validadas en el mercado, el sector con más aplicaciones es el de la construcción, con un 38% de éstas. El segundo es el industrial con un 24%. El sector energético es el tercero con aplicaciones validadas (Gráfico 2.6.4).

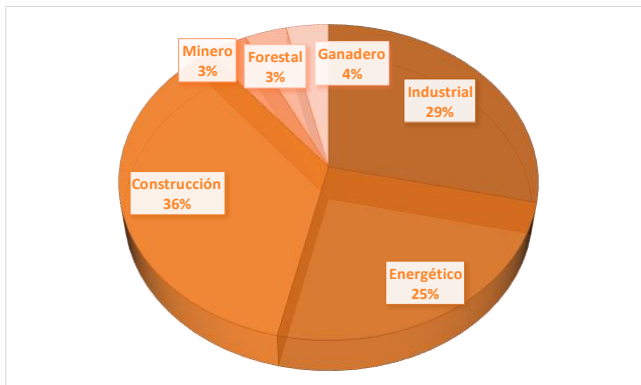


Gráfico 2.6.5 Ensayadas en mercado a pequeña escala

Del mismo modo, el sector de la construcción se sitúa en primera posición con un 36% de las innovaciones ensayadas en un mercado más pequeño. También se encuentran en segunda y tercera posición respectivamente los sectores industrial y energético. Como puede observarse, el sector de la construcción es el que ha conseguido desarrollarse con éxito en el mercado. Por lo que es de gran trascendencia llevar a cabo un estudio profundo de este sector (Gráfico 2.6.5).

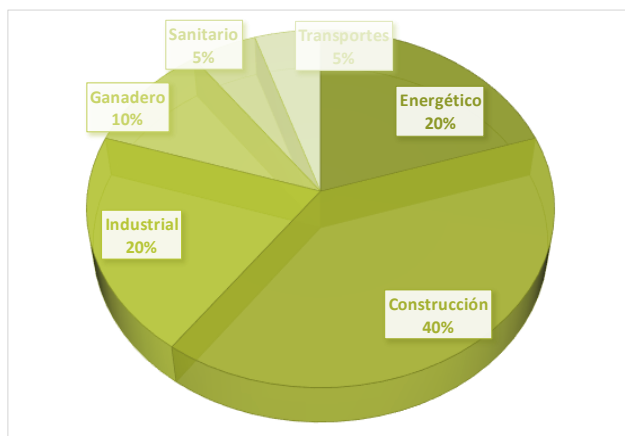


Gráfico 2.6.6 Ensayadas en prototipo

Para las innovaciones con aplicaciones ensayadas a nivel de prototipo se destaca que también es el sector de la construcción el que obtiene el 40% de aplicaciones ensayadas, y, del mismo modo, el sector industrial y el energético se mantienen en segunda posición con un 20% de aplicaciones en prototipo (Gráfico 2.6.6).

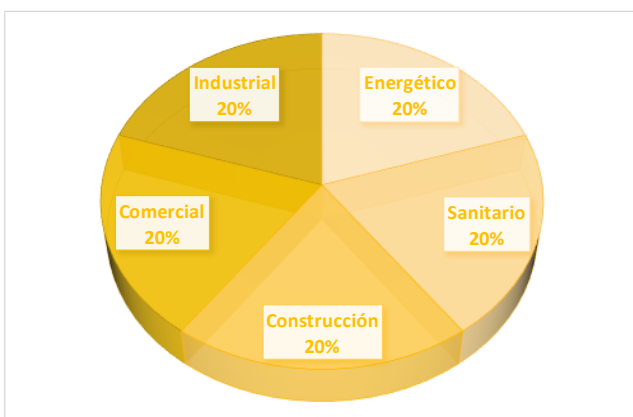


Gráfico 2.6.7 Estimación de viabilidad económica

En el caso de aquellas innovaciones con estimaciones de viabilidad económica, y que por tanto no están desarrolladas en el mercado, se mantiene cada sector con el mismo porcentaje del 20% (Gráfico 2.6.7).

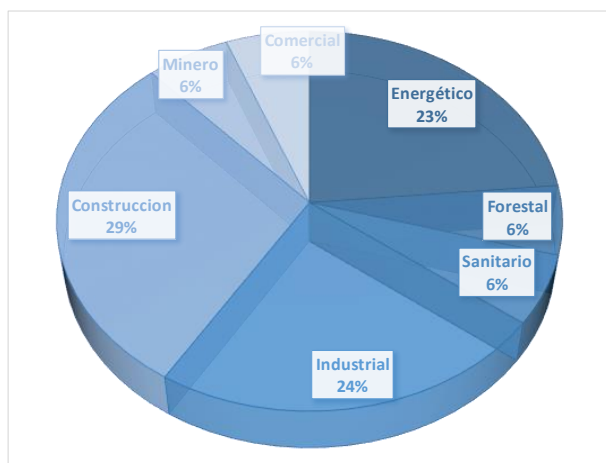


Gráfico 2.6.8 Estimación de rendimientos de producción

Las innovaciones con estimación en producción de sus aplicaciones siguen el patrón de los anteriores niveles en el que es el sector de la construcción el que más aplicaciones posee, en este caso representa el 29%. Del mismo modo, siguen siendo el sector industrial, con un 24%, y el energético, con un 23%, los que tienen mayor incidencia (Gráfico 2.6.8).



Con los datos obtenidos podemos establecer que el sector de la construcción encabeza cada uno de los niveles de desarrollo y que los sectores directamente relacionados con éste, el industrial y el energético, le siguen en segunda y tercera posición.

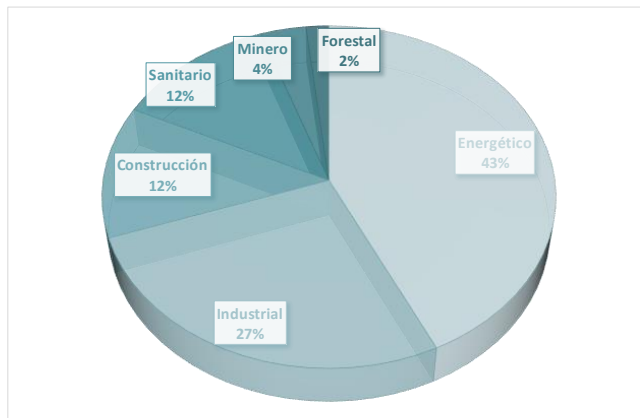


Gráfico 2.6.9 Innovaciones no contrastadas

No obstante, el sector energético es el que predomina, con un 43%, para las innovaciones que no están contrastadas y que deberían ser investigadas. El industrial le sigue con un 27% y el sector de la construcción y el sanitario los que con un 12% se encuentran en tercera posición (Gráfico 2.6.9).

Estas cifras resaltan que las innovaciones con aplicaciones en el sector energético se caracterizan por no estar contrastadas y, por tanto, requieren investigación. Además, el sector de la construcción, el mayor en tener innovaciones validadas, sugiere que sus aplicaciones llegan a investigarse y validarse, por lo que se afirma de nuevo que este sector tiene un papel importante en la filosofía de una *Economía Azul*.

Como conclusión, la tabla siguiente muestra el total de aplicaciones para cada sector extraídas de cada innovación de la tabla del anejo D. Como se observa, el sector de la construcción es el que más aplicaciones tiene y representa el 66% de las cien innovaciones, seguido del industrial, con 60 aplicaciones, y el energético con 43. Según los datos, se obtiene una media de dos aplicaciones por innovación, por lo que se verifica que de una innovación pueden surgir varias aplicaciones, tal y como nos manifiesta Gunter Pauli en su libro.

SECTORES	Nº aplicaciones	%
Construcción	66	66%
Industrial	60	60%
Energético	43	43%
Sanitario	13	13%
Minero	6	6%
Forestal	5	5%
Ganadero	5	5%
Comercial	2	2%
Pesquero	1	1%
Transportes	1	1%
<b>TOTAL</b>		<b>202%</b>

Tabla 2.6.1 Aplicaciones por sector

### Datos obtenidos para el sector de la construcción

El sector de la construcción es el que más relevancia tiene en la tabla de las cien innovaciones para una *Economía Azul*. Con 66 innovaciones a analizar, el autor Gunter Pauli clasifica en el libro un total de 50 innovaciones, o *tecnologías inspiradas en la naturaleza para la arquitectura*, de las que 41 se han incorporado en el sector de la construcción (las 9 restantes no han podido relacionarse con ninguna innovación propuesta en la tabla).

Además, 14 de las innovaciones tienen aplicación directa en el sector de la construcción. Durante la realización de la tabla se han descubierto 11 innovaciones que podrían relacionarse en el sector de la construcción, ya que podrían implementarse en distintas especialidades constructivas o ramos de la construcción (Gráfico 2.6.10).

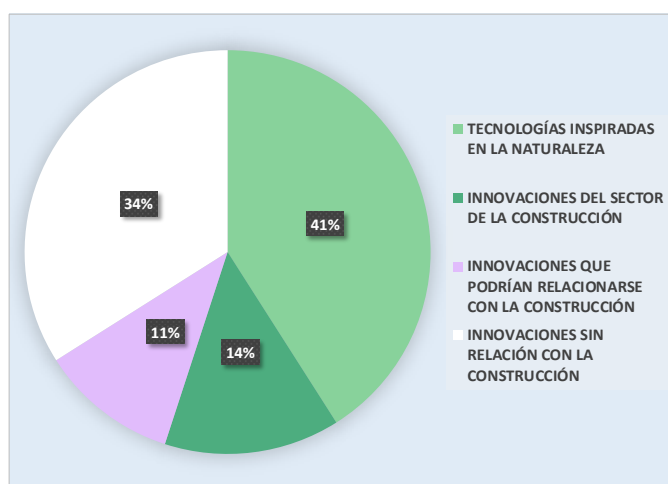


Gráfico 2.6.10 Innovaciones para la construcción

Tal y como indica el título del presente proyecto, el sector de construcción dispone de un nuevo modelo con carácter sostenible a seguir. Aunque el alcance de este proyecto radica en las posibilidades en investigación y las oportunidades en desarrollar un nuevo modelo organizativo basado en imitar la Naturaleza.

Como se muestra en el gráfico 2.6.11, cada una de las tres clasificaciones para el sector de la construcción posee un determinado número de innovaciones caracterizadas por desarrollar un modelo en cascada.

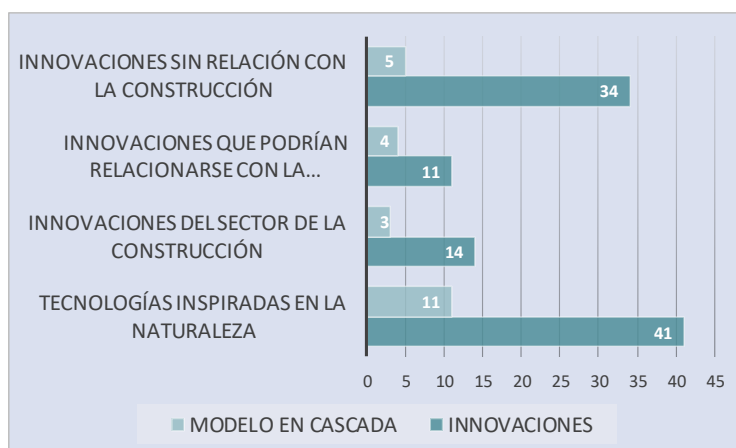


Gráfico 2.6.11 Innovaciones y modelo en cascada

De las 41 innovaciones o tecnologías que propone Gunter Pauli 11 representan un modelo en cascada.

Puede observarse que para las innovaciones del sector de la construcción y de las que podrían relacionarse, tienen casi la misma cantidad de innovaciones en modelo en cascada que las que no tienen relación con el sector constructivo. Estas cifras pueden indicar que en el sector de la construcción existe una línea que tiende a desarrollar modelos organizativos en cascada.

Por otro lado, de las 66 innovaciones especificadas para el sector de la construcción, se ha generado el gráfico 2.6.12 en el que se muestra el número de innovaciones del sector de la construcción según su nivel de desarrollo (en los gráficos anteriores sobre niveles de desarrollo se expresan los porcentajes respecto a las cien innovaciones; en éste se exponen el número de innovaciones respecto a las 66 para la construcción).

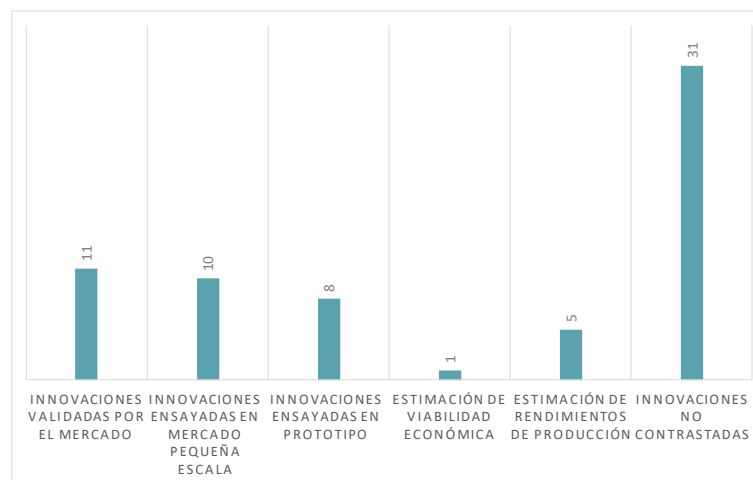


Gráfico 2.6.12 Número de innovaciones según nivel de desarrollo

Puede observarse como las innovaciones no contrastadas para la construcción preceden, con 31 de ellas, entre los otros niveles. Aunque debe destacarse que la suma de innovaciones desarrolladas asciende a 29, por lo que podría afirmarse que casi la mitad de las innovaciones para la construcción llegan a desarrollarse en el mercado.

Estas cifras pueden justificar que se asuman inversiones en investigación para dicho sector, pues muestran una tendencia a implementarse en el mercado.

Con el sector de la construcción como referente, en el anejo E del presente trabajo se muestra una segunda tabla con las 66 innovaciones para la construcción.

En esta tabla se ha clasificado cada una de estas innovaciones según la especialidad en la que podrían aplicarse. Solamente se han aplicado a una especialidad, pero debe destacarse que podrían proponerse a más de una especialidad. Según los datos de esta tabla se ha obtenido que la especialidad con mayor porcentaje de innovaciones es la de instalaciones, con un 44% de las 66 innovaciones, seguido de la especialidad de materiales para la construcción, con un 36% (Gráfico 2.6.13).

Estas cifras respaldan la teoría de Gunter Pauli sobre los flujos de la arquitectura, donde las instalaciones y los materiales tienen un impacto especial para la ejecución de una arquitectura basada en la *Economía Azul*.

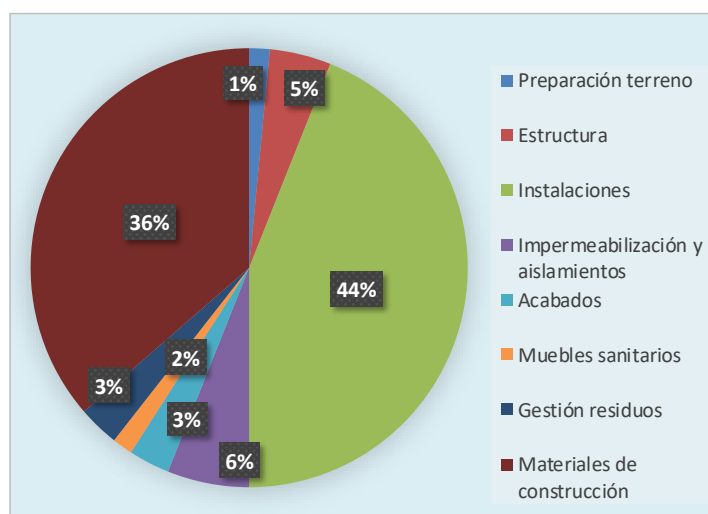


Gráfico 2.6.13 Innovaciones según especialización constructiva

No obstante, se reitera que deben estudiarse y validarse cada una de las innovaciones planteadas con el fin de verificar su éxito. Esta razón se debe a que parte de las propuestas descritas en el libro (3) pueden carecer de una base científica o ser, simplemente, impracticables.

En este trabajo final de grado no se ha procedido a analizar y verificar en profundidad cada una de las innovaciones para la construcción, pues el objetivo reside en generar la tabla para facilitar a futuros investigadores la búsqueda del contenido de cada innovación.

Por este motivo, la clasificación de las innovaciones para posibles aplicaciones en construcción se ha planteado según los siguientes criterios:

- ✓ Relación con alguna de las especialidades constructivas.
- ✓ Soluciones para sistemas constructivos.
- ✓ Conexión con el campo de la edificación y la arquitectura.
- ✓ Relaciones entre el sector industrial, energético y minero.

Como apunta la filosofía de una *Economía Azul*, cada uno de los flujos de la arquitectura deben estar relacionados y conectados para conseguir mayores soluciones que cambien el modelo actual de producir y consumir. Por ello, es necesario tener en cuenta cada uno de los

sectores presentes en la tabla aunque representen un porcentaje menor. Por ejemplo, si en el sector de la minería se logra captar parte del CO<sub>2</sub> de la atmósfera, en cierta medida ya generará impacto positivo en el campo de la construcción, pues éste depende en parte de la minería.

Por este motivo, gracias a la concepción en red que propone Pauli todos aquellos trabajos de investigación que puedan surgir de este proyecto deben tener presente que el área de influencia de cada innovación puede tener soluciones positivas para distintos sectores, y por tanto, aunque se estudien casos de otros sectores pueden tener repercusión en el campo de la construcción y la arquitectura.

### ***Perspectiva mundial***

En el anejo B del presente proyecto se encuentran tres planos con los mapas mundiales en los que se muestran las innovaciones en relación con sus adscripciones o sedes de investigación (especificadas en la tabla de las cien innovaciones).

En el mapa mundial sobre sedes mundiales se ha representado el ranking de cada uno de los países con sedes en investigación. En primer lugar, se encuentra Estados Unidos con un total de 34 innovaciones investigadas. El segundo lugar lo encabeza Gran Bretaña con 18 innovaciones, y con 13 innovaciones se encuentra en tercera posición Alemania.

En el segundo plano se ha grafiado el mapa con las sedes mundiales según los niveles de desarrollo de las innovaciones. En este mismo caso, Estados Unidos encabeza la primera posición con 7 innovaciones desarrolladas. Con 6 innovaciones desarrolladas Japón se encuentra en segunda posición y Suecia en la tercera con 5 innovaciones. En este mapa puede observarse cómo España, aunque no esté grafiada con alguna sede en investigación, posee una investigación desarrollada, y, como se puede especificar en el tercer plano, está relacionada con el sector de la construcción.

En el tercer mapa, donde se representan las innovaciones desarrolladas en el sector de la construcción, Estados Unidos vuelve a estar en la primera posición del ranking mundial, con 5 innovaciones desarrolladas en la construcción. Japón permanece en segunda posición con 4 innovaciones, y con 3 se establece en tercera posición Alemania.

Estos mapas han ayudado a retratar el trabajo en investigación y de desarrollo de cada uno de los países con alguna innovación en curso. Como se puede percatar, no se han grafiado las innovaciones no contrastadas por carecer de información.

Una lectura de estos resultados nos muestra que Estados Unidos, que encabeza en primera posición en los tres mapamundis, sólo ha desarrollado 7 de sus 34 innovaciones, aunque de las 7 desarrolladas 5 de ellas son del sector de la construcción.

Asimismo, Japón, con 7 innovaciones investigadas, consigue desarrollar 6 y 4 de ellas son para la construcción. Alemania también sigue el mismo patrón en el que 3 de sus 4 innovaciones desarrolladas son para la construcción. Aunque destacar que es Suecia la que con 5 innovaciones desarrolladas todas pertenecen al sector de la construcción. Gran Bretaña también sigue el mismo patrón, y España también dispone de una innovación desarrollada en construcción, como se ha comentado.

Como puede verse, es el sector de la construcción el que, a nivel mundial, logra desarrollarse en más de la mitad de los casos, y, seguramente, sus aplicaciones se ejecutan con éxito.

## 2.7 “Podemos hacerlo mucho mejor”

Esta frase que repite Pauli a lo largo de la lectura invita a cuestionarse que una economía verde es un modelo ineficiente que sustituye componentes tóxicos por otros menos contaminantes, a costa de elevadas inversiones que lo hacen inviable. Es como un “maquillaje” verde que se pinta sobre la realidad, y hacer menos daño no es ni ético ni la solución.

Por ejemplo, en el protocolo de Montreal se condujo a la prohibición de los gases *propelentes* y sus derivados causantes del deterioro de la capa de ozono, según los estudios del premio Nobel, Mario Molina. Esta aplicación llevó a la industria a utilizar nuevas versiones de gases *propelentes*, haciendo menos daño (para más información sobre economía verde véase anejo G).

Una *Economía Azul*, en cambio, se basa en las conexiones que existen en los cinco reinos naturales, de las que emula su funcionamiento para hacer un proceso que genere materiales renovables, empleo y una economía rentable a escala local.

Dos ejemplos en los que el autor manifiesta que lo establecido socialmente como “verde” no es sostenible son:

- La contaminación del reciclado: por la industria encargada de transportar, seleccionar y gestionar los residuos. Esta actividad es la responsable de emitir grandes cantidades de gases a la atmósfera y, además, cuestiona el modelo que hay de separación de materiales, como el vidrio, que en un mismo contenedor se mezclan todos los tipos, siendo el posterior proceso de reciclado distinto entre ellos.
- Los componentes de la energía renovable: para el autor no es eficiente que se recurra a la fabricación de baterías y otros elementos dependientes de combustibles fósiles. Esta industria depende, directamente, de estos recursos y genera, de todos modos, altos porcentajes de emisiones a la atmósfera, así como residuos no reciclables en el medio.

En relación con las economías circulares pueden encontrarse similitudes en ambas respecto a las estrategias empleadas en los procesos y los materiales a utilizar.

Aunque la gran diferencia es que la filosofía de una *Economía Azul* propone modelos basados en *el hacer* de los ecosistemas, aportando abundancia y riqueza cuando hay escasez y haciendo asequible todo aquello que es necesario y deseado.

No se trata de limitar, como las estrategias empleadas en el sector energético, sino de crear abundancia. Además, da importancia al sector financiero, por lo que todo se rige, y, por ejemplo, los créditos de carbono que pueden conseguirse mediante estas innovaciones pueden seducir a las empresas a llevarlas a cabo, no como suele suceder con las aplicaciones de carácter “verde”, que requieren de más inversión y recuperación a largo plazo.

Un modelo *de la cuna a la cuna* no genera más con lo que se dispone, y por tanto no genera abundancia tal y como lo hace la Naturaleza.

Uno de los obstáculos que puede tener la filosofía de una *Economía Azul* es la incapacidad de ver las conexiones más allá de lo obvio. Este nuevo modelo puede conllevar a cuestionarse si las innovaciones expuestas son verdaderamente factibles y en qué medida podría alcanzarse tal ideal.

Una de las respuestas sería que si se observa el funcionamiento de los ecosistemas se podrá comprobar cómo éstos cambian sin cesar y nunca dejan de evolucionar. Además, son capaces de responder a las necesidades colectivas.

Aunque la industria de hoy en día se base en la predicción y en la producción, y el modelo económico se endeude, seguir un modelo polifacético que promueva la diversidad generará múltiples beneficios a escala mundial.

En el anejo H del presente trabajo pueden encontrarse algunos de los proyectos que están desarrollados e implementados con éxito en el mercado. Solamente se han citado algunos, pero, gracias al movimiento constante de las redes sociales, pueden encontrarse numerosas empresas y emprendedores que en todo el mundo están desarrollando esta economía a escala local. Además, en las redes también se han encontrado noticias sobre conferencias y convenciones que llevan a cabo hoy en día Gunter Pauli y la Fundación ZERI.

La construcción también tiene un gran potencial de oportunidades de investigación y de estudios de viabilidad de aquellos proyectos que ya están ejecutados.

Como se expone en los primeros apartados, las estrategias actuales que rigen la arquitectura y la construcción sostenible podrían desarrollar un incremento de beneficios, tanto ambientales como económicos, y restablecer sus componentes.

Si el modelo de una *Economía Azul* propone que con menos inversión se generen más ingresos, podría ocurrir que se llevaran a cabo más proyectos sostenibles y más eficientes. No como sucede en la actualidad, en que estos proyectos suelen disparar el presupuesto, aunque se amortice en un período no muy largo.

Si grandes empresas e instituciones empleasen diseños basados en esta filosofía, fácilmente podría implementarse este nuevo modelo en la sociedad. Asimismo, sólo con la capacidad de replantearse nuevos materiales y nuevas instalaciones, esta filosofía ya alimenta a los investigadores y a los estudiantes universitarios a ampliar sus conocimientos y a ensayar nuevas técnicas y procesos en laboratorio.

Ya que el objetivo de este proyecto es facilitar a estos investigadores la búsqueda de información mediante la tabla, se ha considerado exponer una posible metodología a seguir para posibles innovaciones que puedan surgir en el sector de la construcción, u otros:

La tabla puede empezarse a leer de izquierda a derecha, donde se hallan primero las innovaciones y sus modelos de inspiración, seguido de las aplicaciones que ofrecen estas innovaciones y sus correspondientes beneficios.

Pero también puede interpretarse de forma inversa, donde una aplicación para, por ejemplo, el sector de la construcción que se ha observado que emula a un reino natural, ofrece beneficios de distintos tipos, creando una innovación nueva que podría llevarse a cabo también en otros sectores con otras aplicaciones y otros beneficios.

Sin duda, hay mucho por hacer y, sobretodo, mucho mejor.

*“La economía azul es la filosofía de ZERI en acción. Es donde lo mejor para la salud y el medio ambiente es más barato y las necesidades de la vida son gratuitas gracias a un sistema local de producción y consumo que funciona con lo que tienes.” (20)*



### 3 Conclusiones

La filosofía planteada en el libro “Economía Azul” propugna como modelo de referencia el funcionamiento de la Naturaleza y su capacidad sostenible de generar abundancia donde hay escasez. El libro en cuestión ofrece un valioso potencial inspirador a distintos niveles. Situándonos en el panorama actual en el que se hallan el medio ambiente y la economía, el autor Gunter Pauli nos plantea la creación de cien *innovaciones* para el desarrollo de un número significativo de *aplicaciones* en distintos *sectores*.

Uno de los resultados principales del presente trabajo es la sistematización de los contenidos del libro de Gunter Pauli a través de una tabla que pretende ser una herramienta de consulta para futuros investigadores. Del mismo modo, se han desarrollado gráficos y esquemas para presentar de manera visual algunos de los datos más relevantes obtenidos al consultar la tabla.

En la tabla generada se ha clasificado cada *innovación* según su *principio científico inspirador*, que según el *sector* de la *aplicación* derivaría en la creación de empresas y empleo en dicho *sector*. De las cien *innovaciones* descritas en el libro alrededor del 39% del total tienen alguna *aplicación* probada y validada en el mercado.

Asociando cada *aplicación* a uno o varios *sectores económicos*, se ha obtenido que el 66% de las *innovaciones* tienen una o más *aplicaciones* en el sector de la Construcción. El sector Industrial tiene *aplicaciones* derivadas de un 60% de las *innovaciones*. En tercera posición se sitúa el sector Energético con un 43% del total de las *aplicaciones*.

Del 66% de *innovaciones* con *aplicaciones* en el sector de la Construcción y la Arquitectura, un 55% ya son reconocidas por Pauli como tales. Pero al realizar este trabajo final de grado se ha concluido que hasta un 11% adicional de las *innovaciones* podrían estar relacionadas en el campo de la Construcción.

Por otro lado, se ha realizado una catalogación del total de las *aplicaciones* para el sector de la Construcción por especialidad constructiva asociando cada *aplicación* a una sola especialidad. Un 44% de las *aplicaciones* se han asociado a las instalaciones, frente al 37% que se han asociado a materiales para la Construcción. El 6% restante se han asociado a aislamientos, el 4% a estructuras, el 3% a acabados y gestión de residuos, y por último el 1% a la preparación del terreno y a equipos sanitarios.

Del total de *innovaciones*, es llamativo que sólo las universidades consiguen desarrollar en el mercado el 5% de sus investigaciones y el sector privado desarrolla el 80% de sus investigaciones.

A nivel mundial, Japón y Suecia desarrollan el 86% y 71% respectivamente de sus investigaciones mientras que Estados Unidos, que posee el mayor número de sedes de investigación, sólo desarrolla un 20%. A nivel nacional, España sin poseer ninguna sede de investigación ha desarrollado una *aplicación* para el sector de la Construcción.

En relación con el sector de la Construcción, las tecnologías desarrolladas se concentran en los países nórdicos de Europa, Japón y Estados Unidos, siendo Suecia el país en el que el 100% de las *aplicaciones* desarrolladas pertenecen a la Construcción.

A partir del presente proyecto se podría considerar la necesidad de contrastar la viabilidad de las *aplicaciones* descritas por Pauli, así como el análisis del impacto medioambiental y



socioeconómico de cada una. El 56% del total de las *aplicaciones* no han sido contrastadas y casi la mitad de las *innovaciones* para el sector de la Construcción no están investigadas.

Por último, los conceptos e hipótesis que abarcan la filosofía para una *Economía Azul* deben ser investigados con el fin de emprender nuevas maneras de producir y consumir. Así, lograremos una sostenibilidad eficiente y ejemplar en el mundo de la Construcción.

## Glosario

*ONU*: Organización de las Naciones Unidas.

*CO<sub>2</sub>*: dióxido de carbono.

*CH<sub>4</sub>*: metano.

*N<sub>2</sub>O*: óxido de nitrógeno.

*Medioambiente*: engloba la Naturaleza, la sociedad y la cultura existente en un determinado lugar y tiempo. Incluye a los seres vivos, los materiales y las relaciones que se establecen entre todos ellos.

*Ecológico*: actividades o productos que no son perjudiciales para el medio ambiente.

*Modelo ecosistémico*: estrategia para lograr un equilibrio entre la tierra, el agua y los recursos vivos, promoviendo la conservación y el uso sostenible de manera equitativa.

*Ciencia básica*: investigación fundamental para incrementar los conocimientos sobre los principios de la Naturaleza.

*Modelo en cascada*: modelo de organización regenerativo y eficiente.

*Eficiencia energética*: uso óptimo de los recursos para producir más energía con menos.

*Eficiencia material*: grado de reutilización de los materiales residuales de un proceso para servir en otro.

## Bibliografía

### Bibliografía básica

3. Pauli, Gunter. *La Economía Azul: 10 años, 100 innovaciones, 100 millones de empleos*. Barcelona : Tusquets Editores, S.A., 2010.
20. [www.theblueeconomy.org](http://www.theblueeconomy.org).
33. Pauli, Gunter. *The Blue Economy 3.0*. Australia : Xlibris, 2017.
34. Pauli, Gunter y Kamp, Jurriaan. *Plan A, La Transformación de la Economía Argentina*. Buenos Aires : Biblioteca Permacultura, 2017.
46. [www.clubofrome.org](http://www.clubofrome.org).

### Bibliografía complementaria

7. Edwards, Brian. Guía básica de la sostenibilidad. Barcelona : Editorial Gustavo Gil,
14. Artigas , Mariano . La filosofía de la naturaleza. Navarra : Ed. EUNSA, 2003.
15. Yeang, Ken. Proyectar con la naturaleza. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, SA, 1999.
16. Aresta, Marco. Arquitectura Biológica. Buenos Aires : Diseño Editorial, 2014.
17. University College Dublin, y otros. Un Vitruvio Ecológico. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, SL, 2007.
18. United Nations, Environment Programme. Exploring the potential for adopting alternative materials to reduce marine plastic litter. Nairobi : UNEP, 2018.
27. [www.ecocycledesign.com/1.0.1.0/60/2/](http://www.ecocycledesign.com/1.0.1.0/60/2/).
30. [cradletofuture.blogspot.com](http://cradletofuture.blogspot.com).
31. Braungart, Michael y McDonough, William . Cradle to Cradle (De la cuna a la cuna): Rediseñando la forma en que hacemos las cosas. Madrid : McGraw-Hill, 2005.
32. [www.c2ccertified.org/news/article/design-for-the-triple-top-line-a-new-definition-of-quality](http://www.c2ccertified.org/news/article/design-for-the-triple-top-line-a-new-definition-of-quality).
44. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de la ONU (IPCC).
45. Brooks Pfeiffer, Bruce. Wright. Alemania : Taschen, 2006.
47. [www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez).

### Referencias

1. Cerrillo, Antonio. La UE frena en seco las renovables. *La Vanguardia*. 2017.
2. Planelles, Manuel . España e Italia se quedan solas en la defensa del diésel de aceite de palma. *El País*. 2018.
4. Redacción. El calentamiento global se cebará con los países más pobres. *La Vanguardia*. 2018.
5. Cerrillo, Antonio . La Tierra pierde los suelos que la hacen fértil. *La Vanguardia*. 2018.
6. [unfccc.int/es/news/final-cop21](http://unfccc.int/es/news/final-cop21). [En línea] Diciembre de 2015.
8. [www.unenvironment.org/es/node/1379](http://www.unenvironment.org/es/node/1379).
9. Cerrillo, Antonio . Los diez pilares de una economía baja en residuos. *La Vanguardia*. 2018.
10. Planelles, Manuel. España suspende en el reciclaje de su basura. *El País*. 2018.
11. Sanchís, Ima . “La vida se basa en el equilibrio, y no en el crecimiento sin fin”. *La Vanguardia*. La Contra, 2018.
12. Cerrillo, Antonio . Unos 3.000 millones de personas vivirán en zonas con riesgo de escasez de agua en el 2050. *La Vanguardia*. 2018.
13. Sample, Ian. Evolution: Charles Darwin was wrong about the tree of life. *The Guardian*. 2009.
19. [www.aenor.es/aenor/certificacion/mambiente/mab\\_huella\\_carbono.asp#.WxLGGUiFOUk](http://www.aenor.es/aenor/certificacion/mambiente/mab_huella_carbono.asp#.WxLGGUiFOUk).
25. CERRILLO, ANTONIO . ANTONIO . *La Vanguardia*. Natural, 2018.

26. Concejo, Edurne . Cómo afectan los edificios herméticos a tu salud. *La Vanguardia*. 2018.  
 29. [www.unenvironment.org/resources/report/green-industrial-policy-concept-policies-country-experiences](http://www.unenvironment.org/resources/report/green-industrial-policy-concept-policies-country-experiences).  
 48. [www.fosterandpartners.com/es/projects/edward-p-evans-hall-yale-school-of-management/](http://www.fosterandpartners.com/es/projects/edward-p-evans-hall-yale-school-of-management/).

## Ejemplos de aplicación de una Economía Azul

21. Pauli, Gunter. El Hierro, hacia una economía sostenible. *El País*. CincoDías, 2012.  
 22. [www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Hierro.htm](http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Hierro.htm).  
 23. [www.canarias7.es/opinion/firmas/un-bioasis-para-la-economia-azul-FD3984546](http://www.canarias7.es/opinion/firmas/un-bioasis-para-la-economia-azul-FD3984546).  
 24. [www.diarioelhierro.es/t26496/ab02.asp?idweb=26496&idrg=161300](http://www.diarioelhierro.es/t26496/ab02.asp?idweb=26496&idrg=161300). [En línea]  
 28. [www.unenvironment.org/explore-topics/green-economy/why-does-green-economy-matter](http://www.unenvironment.org/explore-topics/green-economy/why-does-green-economy-matter).  
 35. [www.pteco2.es/es/proyectos/carbolab](http://www.pteco2.es/es/proyectos/carbolab).  
 36. [www.pteco2.es/es/proyectos/cenit-sost-co2](http://www.pteco2.es/es/proyectos/cenit-sost-co2).  
 37. [m.europapress.es/ciencia/laboratorio/noticia-grafeno-refuerza-propiedades-constructivas-hormigon-20180423175554.html](http://m.europapress.es/ciencia/laboratorio/noticia-grafeno-refuerza-propiedades-constructivas-hormigon-20180423175554.html).  
 38. [www.krion.com/es/](http://www.krion.com/es/).  
 39. Palou, Neus . Detergente ecológico a partir de bacterias. *La Vanguardia*. 2018.  
 40. [blogs.lavanguardia.com/planeta-solidario/2018/06/13/convertir-los-desechos-recursos-37433/](http://blogs.lavanguardia.com/planeta-solidario/2018/06/13/convertir-los-desechos-recursos-37433/). 2018.  
 41. Farràs, Lorena . Las diez grandes esperanzas para una Madre Tierra enferma. *La Vanguardia*. 2018.  
 42. [resetea.es/](http://resetea.es/).  
 43. [www.unenvironment.org/news-and-stories/story/fungus-foam-pineapple-pleather-5-plastic-alternatives-watch](http://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/fungus-foam-pineapple-pleather-5-plastic-alternatives-watch).

## Figuras, tablas y gráficos de elaboración propia.

*Figura 2.2.1*  
*Figura 2.3.1*  
*Figura 2.4.1*  
*Figura 2.4.2*  
*Figura 2.5.1*  
*Figura 2.5.2*  
*Figura 2.5.3*  
*Figura 2.5.4*  
*Figura 2.5.5*  
*Figura 2.5.6*  
*Figura 2.5.7*  
*Figura 2.5.8*  
*Figura 2.6.1*

*Tabla 2.5.1*  
*Tabla 2.5.2*  
*Tabla 2.6.1*

*Gráfico 2.6.1- Gráfico 2.6.13*

## Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a los tutores del presente trabajo final de grado por brindarme la oportunidad de conocer la filosofía de una *Economía Azul*, que tanto me ha aportado a nivel intelectual y personal. Gracias por su orientación al realizar este trabajo y por su disposición a resolver las dudas que me han surgido durante todos estos meses.

También agradecer al profesorado de la EPSEB que, gracias a su enseñanza de calidad durante estos años, me ha formado como técnico en el campo de la construcción.

Gracias a Yesenia Gómez por su talentosa ayuda y sus recomendaciones, y a todos los compañeros de la carrera por sus aportaciones en todo momento.

Gracias a mi padre por facilitarme sus conocimientos en infografía y dibujo que me han ayudado a desenvolverme en un campo desconocido para mí.

Estoy en deuda con toda mi familia y amigos que tanto me han ayudado en la organización familiar y, sobre todo, agradecer a mi pareja su incondicional apoyo en todo este proceso.

Gracias a mi hijo por ser el motor que me ha conducido a no rendirme, a pesar de las circunstancias y los duros momentos. Gracias a él y a todos los niños que vivirán en el futuro que les dejemos por motivarnos a hacer las cosas bien. Este trabajo es para todos ellos.

## **Contenido del CD**

### *1 - DOCUMENTOS PDF*

Resumen (.pdf)

Proyecto Final de Grado completo (.pdf)

Traducción tercera lengua (.pdf)

### *2- TABLAS EXCEL*

Tabla de las cien innovaciones (.xlsx)

Tabla de innovaciones para la construcción (.xlsx)

Gráficos de los resultados obtenidos (.xlsx)



**<GRADO EN ARQUITECTURA  
TÉCNICA Y EDIFICACIÓN>  
TFG**

**<UN NUEVO PARADIGMA PARA  
LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE:  
“LA ECONOMÍA AZUL”>**

**Projectista:** Malena Clapers  
**Director/s:** Marc Sanabra,  
Fabiana Palmero  
**Convocatòria:** Juny/Juliol 2018

## **ANEJOS**

ANEJO A – TRADUCCIÓN AL INGLÉS DEL 30% DE LA MEMORIA

ANEJO B – MAPAS MUNDIALES

ANEJO C – CROQUIS DEL EDIFICIO DE UNA ECONOMÍA AZUL

ANEJO D – TABLA DE LAS CIENTO INNOVACIONES

ANEJO E – TABLA DE LAS INNOVACIONES PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

ANEJO F – GRÁFICOS EUROSTAT

ANEJO G – ECONOMÍA VERDE

ANEJO H – *ECONOMÍA AZUL* EN LA ACTUALIDAD



## **ANEJO A: *TRADUCCIÓN AL INGLÉS***

En las páginas siguientes se han traducido los primeros apartados de la memoria del trabajo final de grado. Como marca la normativa se ha hecho un 30% de la memoria.

## 1.1 Environmental overview

The main reason why this final degree project is presented lies in the crisis that has punished our planet for decades.

The concern for the environment has developed over time and, as will be seen later, the field of architecture has an important weight in terms of sustainability.

The current model of production and consumption is generating a chain of losses of natural resources and catastrophic disasters that concern worldwide.

Global warming, related to the use of fossil fuels, causes shortages of rainfall, variations in sea level and the evaporation of drinking water reserves.

Deforestation of forests, the use of chemicals, uncontrolled landfills and their methane gas emissions are accelerating the increase in global temperature. In addition to threatening the ecosystem, numerous animal species are in danger of extinction.

### Main effects of global warming

Elevation of sea level

Increase in storms

Increase in temperatures

Expansion of the deserts

Increase in the heat

Increased soil dryness

Pressure on the world's forests

*Table 1.1.1 Effects of global warming*

The displacement of the population to large cities has caused a mass in these and the loss of the rural population. This fact affects pollution, the use of water, the consumption of energy, the treatment of sewage and waste, causing health problems. The population that lives in large cities consumes more, generating more waste and causing a greater environmental impact. In contrast, the latest studies highlight that it is the poorest countries that will have the greatest impact on the climate due to global warming, caused largely by the richest countries, which produce the most emissions.

The generation of CO<sub>2</sub> depends on several factors, such as climate, land use, population density and the lifestyle of society. Although it is the industry that has an important role in the high levels of emissions. According to experts, soil degradation (due to deforestation and the reduction of carbon storage in the soil) is causing the destruction of biodiversity, endangers food security and increases global warming.

Another major problem is the greenhouse effect, which is largely caused by methane gas, which has increased in recent years due to waste. This effect produces a retention of solar radiation in the troposphere, overheating the planet.

According to data extracted from the EEA, in 2015 the countries with the highest index of greenhouse gas (GHG) emissions were Spain, Portugal and Turkey. In 2015, the agriculture sector was responsible for issuing 10% of GHG in the 28 countries of the European Union.

The energy landscape in Europe is not tempting in terms of the share of renewable energy consumed. Only three of the countries in the Union manage to consume more than 50% of renewable energy (Iceland, Norway and Sweden). See annex F.

In politics, after the oil crisis of the seventies, governments pushed the need to reduce dependence on fuels. Environmental laws, unfortunately, are based on prevention and differences between countries such as Europe, the United States and China do not favour a responsible market.

However, there are major international agreements on the environment, of which the last ones have been: The Earth Summit in Rio de Janeiro (1992), the Kyoto Conference on global warming (1996) and the Protocol agreed upon in it (1997), the Hague Conference on Climate Change (2000) and the Johannesburg Summit on Sustainable Development (2002). The last one took place in Paris, in 2015, achieving a historic agreement on climate change.

In the Basic Guide to Sustainability, the author describes the worst of the panoramas for the year 2050, as the air will become unbreathable, the water will not be able to drink, the waste will be impossible to manage, the fossil fuels will be exhausted, and the planet will not be fit for life.

In 2015, the international community and the Environment Agency of the UN marked 17 Sustainable Development Goals that must be reached in 2030 or earlier.

These objectives range from eliminating hunger to reducing inequalities and building sustainable communities around the world.

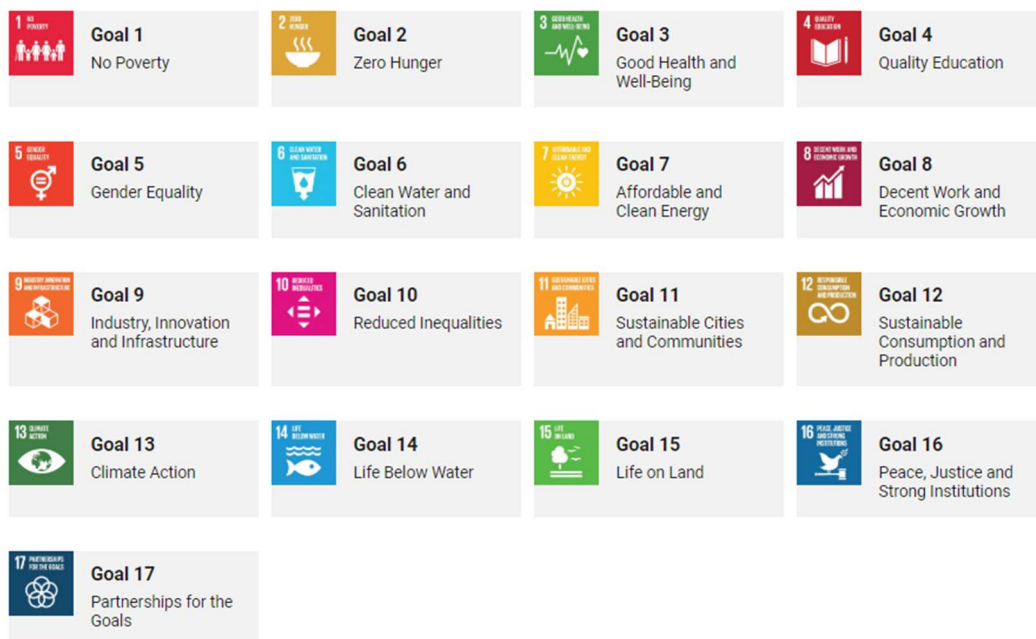
The four central principles that underpin the focus of the 2030 Agenda for the Environment are:

- **Universality:** the 2030 Agenda is global in nature and universally applicable, considering the different national realities, the levels of development and respecting national policies and priorities. It is a shared agenda that requires a collective response, with countries that develop their own paths towards national objectives. This will require strengthened practice and governance institutions.
- **Integration:** the 2030 Agenda goes beyond acting as if sustainable development were three disconnected pillars. The approaches must balance and integrate the social, environmental and economic dimensions, and analyse governance and interconnect the areas.
- **Human rights and equity:** inequalities are not only determined by the economy. To achieve basic levels of goods and services for all; better redistribution of wealth and resources (both within and between countries); and equitable access

to opportunities, information and the rule of law, new approaches are needed that create capacities at all levels of society.

- Innovation: formal science, traditional knowledge and citizen common sense, new and innovative ways are needed to allow countries to advance. The acceleration and transfer of technological innovations is a common concern.

Another of the key issues discussed in the European Parliament are the guidelines to establish to generate a low-waste economy and take advantage of its resources.



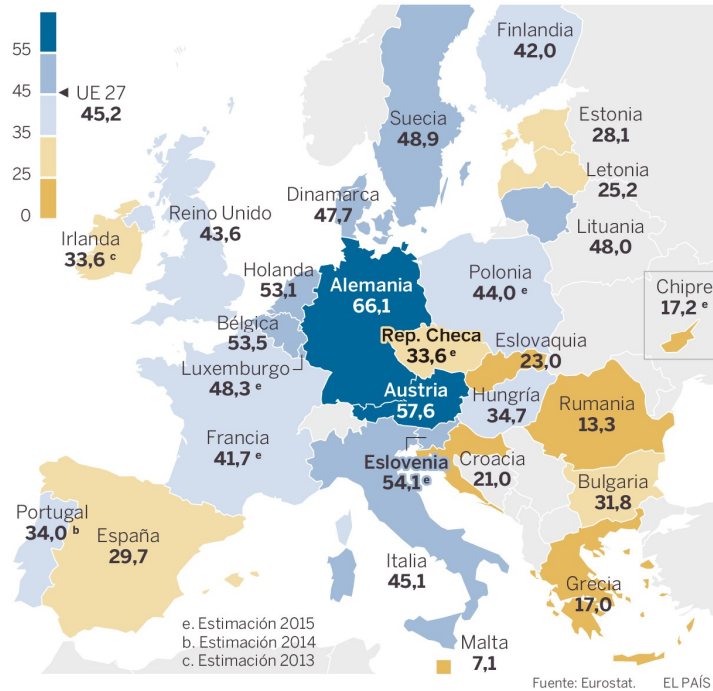
*Image of the related sustainable development goals*

Therefore, they have developed a circular economy package with strategies to reduce, recycle and consume fewer resources. Among these are: increase the recycling of municipal waste by 65% by 2030; limit dumping to landfills by 20% in 2035; programs to deal with food waste; expand the responsibility of product manufacturers; business savings in the purchase of materials and others. However, experts point out that these guidelines are not enough, and that half of municipal waste is still allowed to land or be incinerated.

Meanwhile, the Environment Committee of the European Parliament proposes that in 2025, according to the text already agreed by the EU institutions, all EU members must

### TASA DE RECICLAJE EN EUROPA

% del total de residuos desechados. Año 2016



### Recycling rate in Europe

recycle at least 55% of municipal waste. Spain, according to the data obtained in 2014, only recycles 29% of municipal waste and pours 56% of waste to landfills.

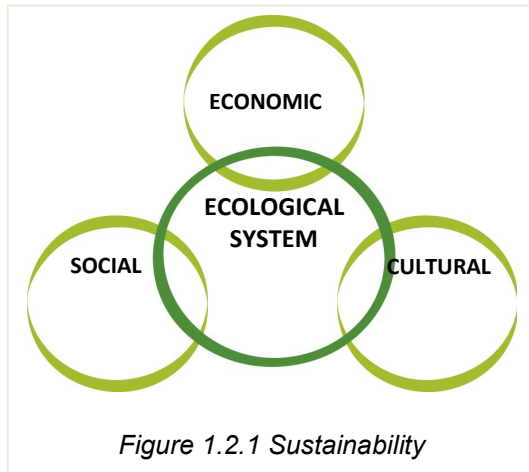
How Kate Raworth affirmed last April in La Contra de La Vanguardia, we are exerting such pressure on the planet that this imbalance is causing: climate change, hole in the ozone layer, catastrophic loss of biodiversity, acidification of the oceans, chemical pollution, atmospheric ...

The researcher shows that "we need strict international standards. Create economies that through their design are distributive and regenerative, you must reuse the organic and synthetic resources again and again. If we observe life and the planet we see that it is based on balance and not on endless growth. We must change the economic model."

## 1.2 What is sustainability?

The concept of sustainability goes back to the 5th century BC with the Roman architect Marcus Vitruvius Pollio and its environmental triangle that relates comfort, climate and design.

According to the dictionary of the Royal Spanish Academy, sustainability is defined as the quality of something that "can be maintained for a long time without exhausting resources or causing serious damage to the environment."



You can also define sustainability as a process of an ecological, social, economic and cultural system (Figure 2.3.1).

Brian Edwards describes sustainability as "[...] the new vanguard of science, the basis of innovative technologies and projects, the most recent paradigm of social equity and the lens through which companies begin to see your future. »

### ***Sustainable development***

Sustainable development is defined as the objective to be followed in the production of a product.

In addition, the UN Commission for the Environment of 1987 coined the concept of sustainable development as a reference for sustainability. He defines it as "that which meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs".

In 2002, the Johannesburg World Summit on Sustainable Development introduced concepts related to sustainable consumption and production, providing an international framework for the application of laws and taxes to achieve environmental objectives, such as reducing CO<sub>2</sub> emissions, replenishing of water and waste reduction.

### ***Natural resources***

It is of interest to observe how the strategies for the sustainable development of the West are different from those of Africa and Asia. In the West it is estimated that pollution is one of the second causes of mortality in Europe.

On the other hand, the solutions used are based on energy saving and the reduction of said pollution and global warming. In contrast, according to the UN, only one third of the African population has drinking water. So, in Africa and Asia their strategies revolve around water supply, which is directly related to land and agricultural productivity.

Another problem in these last two continents is waste management, which largely comes from the West.

We must emphasize that, in the last decade, the average life expectancy has increased worldwide. This supposes an increase in the consumption, as much of food, as of energy. However, according to the current production model, the land and land used for agriculture decrease, due to urbanization, desertification and pollution. According to the World Wildlife Fund (WWF) each year a forest area equivalent to that of Greece is destroyed, with the corresponding extinction of species. The construction sector is one of the main causes of this deforestation.

It is estimated that by 2050 global energy demand will be double that of the current one, coming from the exploitation of fossil fuels, with the increasing price increase and the already known negative effects on the climate.

Due to the great differences in the consumption of fossil fuels of the different countries of the world, in 1997 the Kyoto Protocol established to limit the production of greenhouse gases through a system of exchange of emissions between different nations. This system allows a country to acquire carbon emissions from another, more polluting one, and compensate them with investments in clean technologies. Investor countries acquire emission rights for their industries, allowing them to produce more carbon. For example, the United States has been a buyer of emissions from the former Soviet Union and has established itself as the first nation with the most emissions, some twenty times the world average.

Regarding the construction sector, since the industrial revolution, CO<sub>2</sub> emissions have been increasing. One of the causes is the increase in the population, which continues to rise, and another is the inheritance of old buildings and energy deficient followed by the increase in the consumption, increasingly high, of air conditioning systems and electrical appliances.

However, due to the high consumption of wood for construction, the industry uses methods for the transformation of carbon and thus reduce the levels of it. In this way, the ability of forests to convert CO<sub>2</sub> into oxygen is used again. Although in many cases it turns out that carbon production exceeds the territorial capacity of forests, so on a large scale it is not a feasible solution.

### ***Water: resource in crisis?***

Water, as important as the other resources we need, seems to be in the background in terms of saving measures. The desertification of the rural areas provokes the mobilization of the population, since without being able to irrigate, the livestock cannot be cultivated or fed.

In addition, in poor areas of the planet water has a higher price than in rich countries.

Currently, one in six people does not have access to drinking water, almost half of the population does not have decent sanitary facilities and every day diseases related to water pollution are diagnosed.

The World Water Development Report published by the UN warns that in 2050 some 3 billion people will live in areas with water shortages, due to climate change, increased demand and pollution of supplies.

That is why water scarcity should be treated as a more urgent problem than the supply of energy. Water is directly related to health and food production. The solutions should not only cover the supply of drinking water but also the necessary infrastructure for sanitation and healthy living.

Global resources used in buildings	
Resource	Use (%)
Energy	50
Water	50
Untreated materials	50
Loss of agricultural land	80
Destruction of coral reefs	50 (hint)

*Table 1.2.1 Global resources*



1 Frank Lloyd Wright interview with Mike Wallace, 1957.

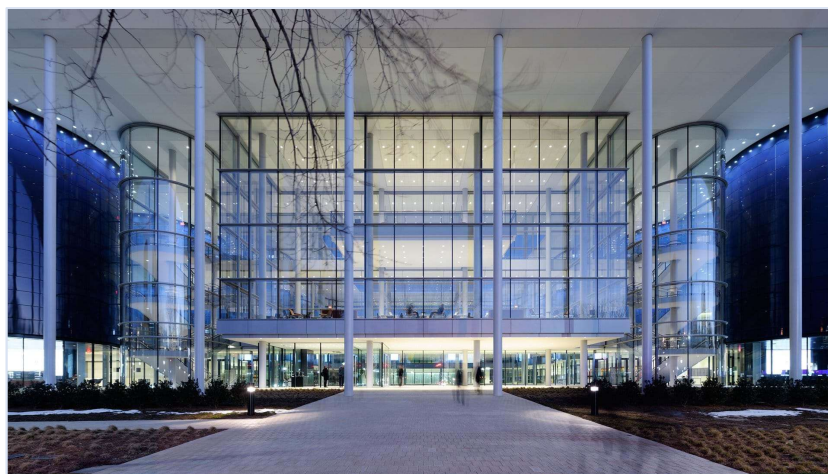
only by abstraction, but that we construct them and, to value the knowledge of Nature, it is necessary to consider our way of conceptualizing.

## 1.4 Project with Nature

Sustainability is linked, in general, with all sectors that influence human activity.

A reference in the world of architecture has been Frank Lloyd Wright, who in the fifties incarnated Nature as a model of inspiration. His respect for it was reflected in his designs, in the construction materials he used and, in the techniques, responding to the needs of the users and using the resources of the environment. He proposed solutions in architecture to live in harmony with the environment. He defined, in this way, his architecture as organic, integrated in time, in the environment and with man.

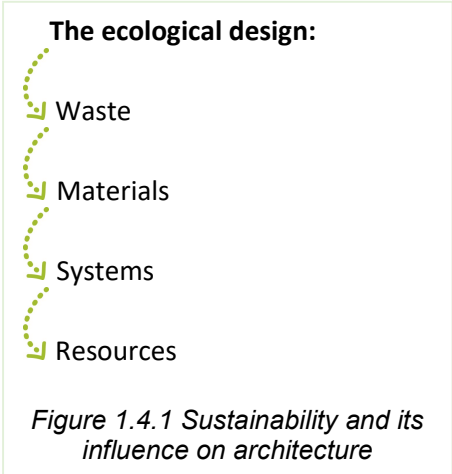
On the other hand, during the last decades, and because of the problems generated by the industrial revolution, several architects have implemented the knowledge of Nature in architecture, such as, for example, the breathable walls of Nicholas Grimshaw or the application of the principles of natural ventilation of termite mounds in Ken Yeang office buildings. In this way, sustainability strategies have been constantly introduced in projects of great architects, such as Richard Rogers, Norman Foster or Michael Hopkins.



*Evans Hall, Yale School of Management (EEUU). Foster + Partners. LEED-GOLD.*

In Architecture, sustainability is related to energy savings and the life cycle analysis tool. This sustainable architecture tries to mitigate the impact on global warming and proposes the creation of healthy spaces and economic viability in the execution projects. Likewise, its objectives include self-generating and self-sufficient energy generation, water collection and recycling, the use of recycled materials, waste management, the balance between the CO<sub>2</sub> emitted in the construction and the use and the transformation of this through vegetation.

To be able to carry out sustainable projects we must use their models to inform, to use it as a tool and to create an ecological accounting system. For environmental and energy analysis there are, for example, evaluation tools such as BREEAM and LEED that deal with both energy and health issues and water savings. With these you can get indicators that show the problems of the analysed building. Another evaluation used in architecture is the concept of Life Cycle Analysis (LCA), which quantifies the environmental impact of products and processes considering all stages of procurement and consumption. On the other hand, this sustainable development should influence the conception of sustainable cities, achieving that the lifestyle of the cities manages to change.



The architect Norman Foster and his studio define sustainable architecture as the creation of buildings "that are efficient in terms of energy consumption, healthy, comfortable, flexible in use and designed to have a long lifespan".

The Building Services Research and Information Association defines sustainable construction as "the creation and management of healthy buildings based on ecological principles and the efficient use of resources".

However, the industry must be established from the root: from the extraction of minerals, to transport, to the sources of the energy used in the waste chain (Figure 2.4.1).

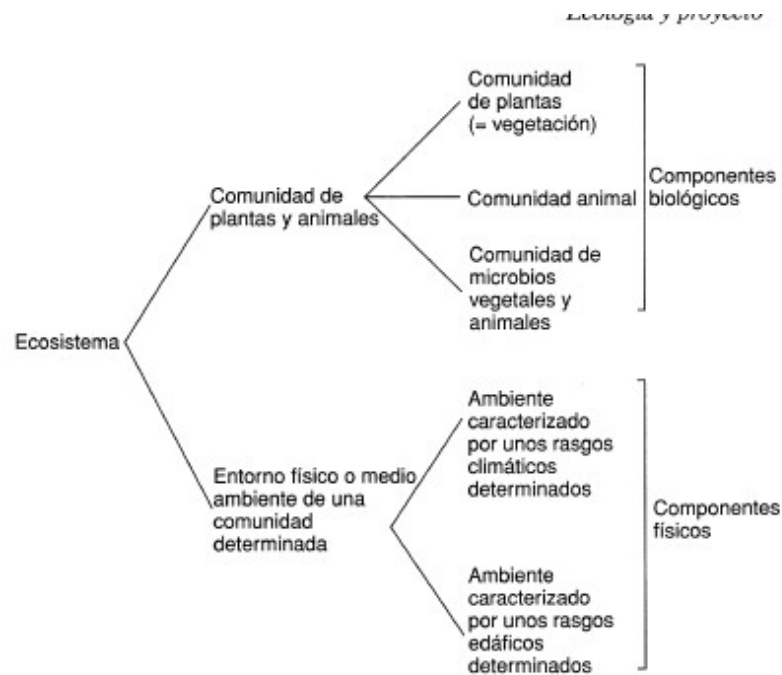
Benefits of environmentalism in the construction industry
Cost savings
Guarantee of compliance with the legislative framework
Anticipation of future legislation
Reduction of environmental risks
Improving relations with legislators
Improvement of the public image
Increase in market opportunities
Increase in employee productivity

*Table 1.4.1 Environment under construction*

The Malaysian architect Ken Yeang defines in ecology as "the study of the interactions of organisms, colonies of organisms and biological species (including humans) with their environment, alive or not; the different composition and stability of groups of geographically localized species, and the flow of energy and matter between such groups of species (ecosystem). "

This ecological system, or ecosystem, is defined as "a unit that encompasses all organisms of a given area and their reciprocal relationships with the physical

environment, so that the energy flows that occur between them they lead to a clearly defined tropic structure, biotic diversity and material cycles within the system. "



*Decomposition of the ecosystem*

According to the ecological approach carried out by the architect, the built environment and its operation are linked to the organization, distribution, use and management of energy and materials.



**Figura 2-6** Modelo estructural recurso-producto (*input-output*) del medio edificado.

This projected system can be connected to the ecosystems of the biosphere through the various subsystems and as the flow products through which energy and matter are transformed through the metabolism of the system.

The following diagram shows, then, the relationship between a built system and the environment:

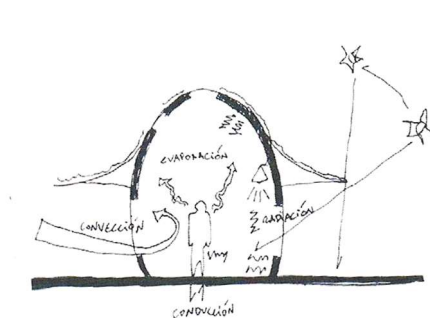
As Ken Yeang quotes "the built environment as an entity that not only understands the nature and physical form of the built system but also the operational activity that develops within it. It is essential that the designer identifies the environmental impacts of the projected system, including those inherent to the manufacture and construction of the elements, but also those that the use, elimination and recovery of these elements can generate. If we contemplate any system projected from the point of view of these interactions, we will be able to predict holistically the aspects of the projected system that may produce ecological impacts as part of our project process. "

## 1.5 Architectural trends

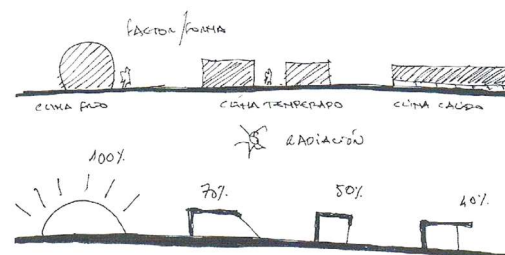
Nature appears to us permanently in our environment and it is architecture that can translate the knowledge of it for its application in the environment in which we live. This discipline involves studying several factors to interpret the functioning of Nature and build it. As the Argentine architect Marco Aresta describes these key factors for the development of a biological architecture are: the environment (place and climate), form (geometries present in biological nature), matter (natural and local) and the human being as a cooperative system.

### ***Bioclimatic design***

The Hungarian architect V́ctor Olgyay was one of the precursors of bioclimatic architecture in the 50s. He formalized this design as a discipline designed to minimize the environmental impact. The objective of this discipline is to achieve an architecture with temperature control and thermal comfort, optimizing both indoor and outdoor spaces. To achieve such efficiency, existing demands must be established in relation to needs connected to the skin of the building to be inhabited. Also, the proper functioning of these strategies will depend to a large extent on climate analysis and the use of the site.



*Procesos termo-reguladores*



*Morfología de la vivienda en función del clima y del lugar*

The thermal equilibrium will be achieved through convection, conduction, radiation and evaporation processes, which will prevent overheating in summer and heat losses in

winter. These natural transfers are achieved through the natural resources of the place: Sun, wind, vegetation, land and water.

In addition, the shape of the building, the natural lighting, the textures and overtures on the facades, natural ventilation and sound are integrated strategies in a bioclimatic project.

### ***Ecological design***

Strategies to reduce environmental impact, apart from those already mentioned and those dedicated to the reduction of energy consumption, include the following areas of application in the ecological design and construction of buildings:

*i. Natural resources:*

For the reduction of water consumption, efficient sanitary furniture and accessories controlled by photoelectric cells can be specified. The reduction of water consumption means a lower demand for water treatment systems and the collection and use of rainwater in buildings mean a decrease in the demand for sewerage.

Regarding the conservation of native vegetation, present in the soil intended to be built, measures can be provided to reuse said vegetal layer to the same or another place, achieving an environmental diversity, or the previous planning of the site while preserving the pre-existing vegetation.

*ii. Materials:*

For the responsible use of materials, the process of extraction, production and transport must be considered, for their energy sources used as well as the generated production of waste. Likewise, the quality of indoor air and the health of the occupants will depend on the presence of toxic products used in volatile compounds, for their ability to retain dust particles and release toxins into the air. A good choice lies in the local production of materials using renewable sources.

*iii. Systems:*

The implementation of air conditioning systems implies the existence of microorganisms harmful to health. A good ecological design lies in the elimination of air conditioning equipment. Another strategy to follow is the proper management of these teams if they were required.

*iv. Urban planification:*

The density of urbanization and land use are directly related to transportation pollution. For this reason, urban plots prone to the use of public transport and efficient traffic management should be projected.

*v. Waste production:*

With good on-site management they can be reduced, as well as recycled for reuse in construction materials. In addition, the waste generated during the useful life of the building by its occupants can be recycled through the provision of facilities for storage and collection and to produce compost.

## 1.6 Sustainable strategies

An ecological project does not only refer to energy saving, but also to the adequacy to the use of the building and the durability of its operation. In this way, it can be called a quality architecture.

To achieve an efficient sustainability in architectural projects, we should ask ourselves the following questions:

*What is the service I need from a constructive system?*

*How to optimize the use of the systems?*

*How long is it going to last?*

*What functions do I need from the properties of the materials?*

The key concepts to be defined are the following:

- ✓ *Durability*: the key tool to evaluate the sustainability of a system. Durability must give service and utility to a system. Whether this is biological or technological, the minimum time of use of the material and the system must be considered to optimize its use.
- ✓ *Functionality*: must be defined as a physical or service unit to be able to quantify the results and generate comparisons with other products or systems.
- ✓ *Reversibility*: the designed system must respond to the replacement needs of its elements or products to continue with the function of the system and not fall into disuse.

## 1.7 Construction and sustainability

One of the premises for achieving a respectful construction with the environment is the capacity of Nature to produce with what is locally available.

The Romans were already building with the materials they had locally available. The lack of resources caused them to build buildings with low energy consumption.

From the industrial revolution, and entered the twentieth century, the consumption of energy skyrocketed, which accompanied by greater wealth favoured the cheapening of resources. For this reason, the production and transport of low cost building materials allowed for drop-in prices in the construction sector.

Our daily life happens in different types of buildings and constructions and we depend on them for our existence and security. The construction sector is the one that consumes 50% of the world's resources and the generation of energy and waste from buildings are responsible for emitting more CO<sub>2</sub> into the atmosphere.

50% of global warming is caused using fuels for heating, lighting and ventilation of buildings, and 25% is the responsibility of transport.

Why should we incorporate the requirement of *ecological*?

It is not easy to define constant parameters in building projects that consider all the concepts pertaining to the ecological.

According to the author comfort, health and the environment form a system that could be illustrated as a Cartesian diagram that relates them to each other (Figure 2.4.2). This system is a conceptual tool as a guide in the process of ecological design.

These three aspects that give performance to the building take into consideration the following parameters:

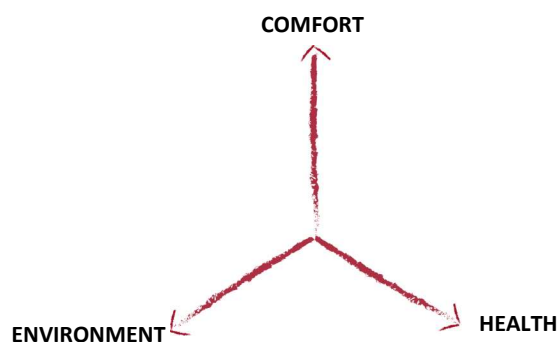


Figure 1.7.1 Cartesian coordinate system

1) **Comfort:** depending on activity, clothes, age, sex, air temperature, humidity, noise, light and odors.

2) **Health:** poor indoor air can contain toxic and allergenic substances, can be stressful and can promote the transmission of contagious diseases.

3) **Environment:** the construction and use of the building has an impact on global warming and on the exhaustion of resources.



The above parameters, considered as key points to take into account to carry out a sustainable construction, must respond to the objectives imposed in each of the following aspects:

<b>COMFORT</b>	Protect the occupants from the elements
	Maintain a comfortable thermal environment
	Provide visual comfort
	Provide sufficient ventilation
	Provide acceptable acoustic conditions
<b>HEALTH</b>	Protect against external contaminants
	Control the contamination of processes inside the building
	Protect against radioactive emissions
	Specify non-toxic construction materials, finishes and equipment
	Design to obtain natural light
	Protect from excess noise and vibrations
<b>ENVIRONMENT</b>	Use renewable sources of energy
	Specify low energy consumption systems and appliances
	Use materials wisely
	Provide enough drinking water
	Promote the conservation and reuse of water
	Establish sanitary measures to evacuate wastewater
	Promote the reduction, classification, storage, collection and disposal of waste
	Control outside noise

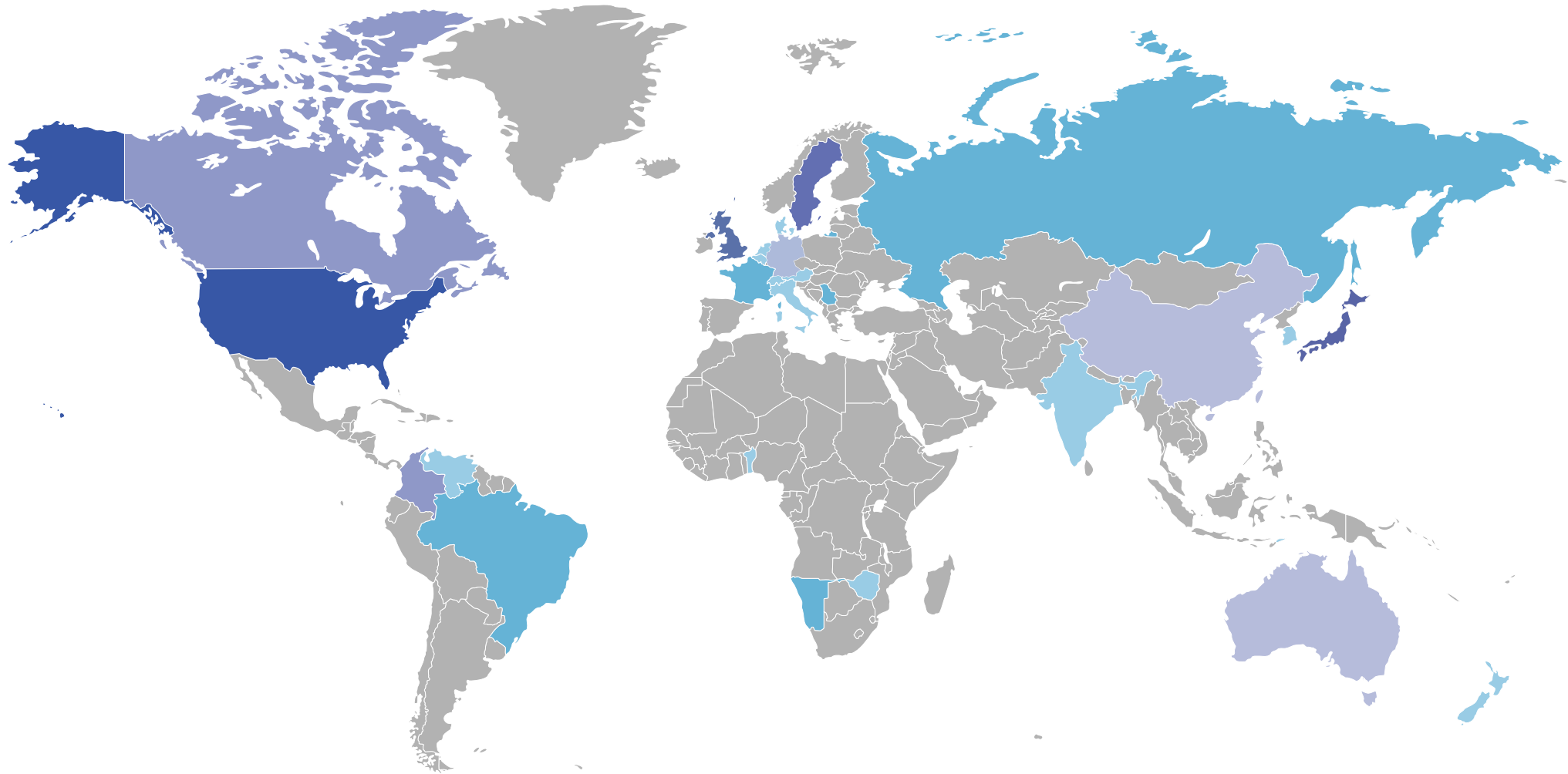
*Table 1.7.2 Objectives in the ecological project*

## **ANEJO B: *MAPAS MUNDIALES***

Los planos siguientes ilustran los mapamundis realizados sobre las sedes de investigación de las innovaciones descritas en la tabla del anejo D.

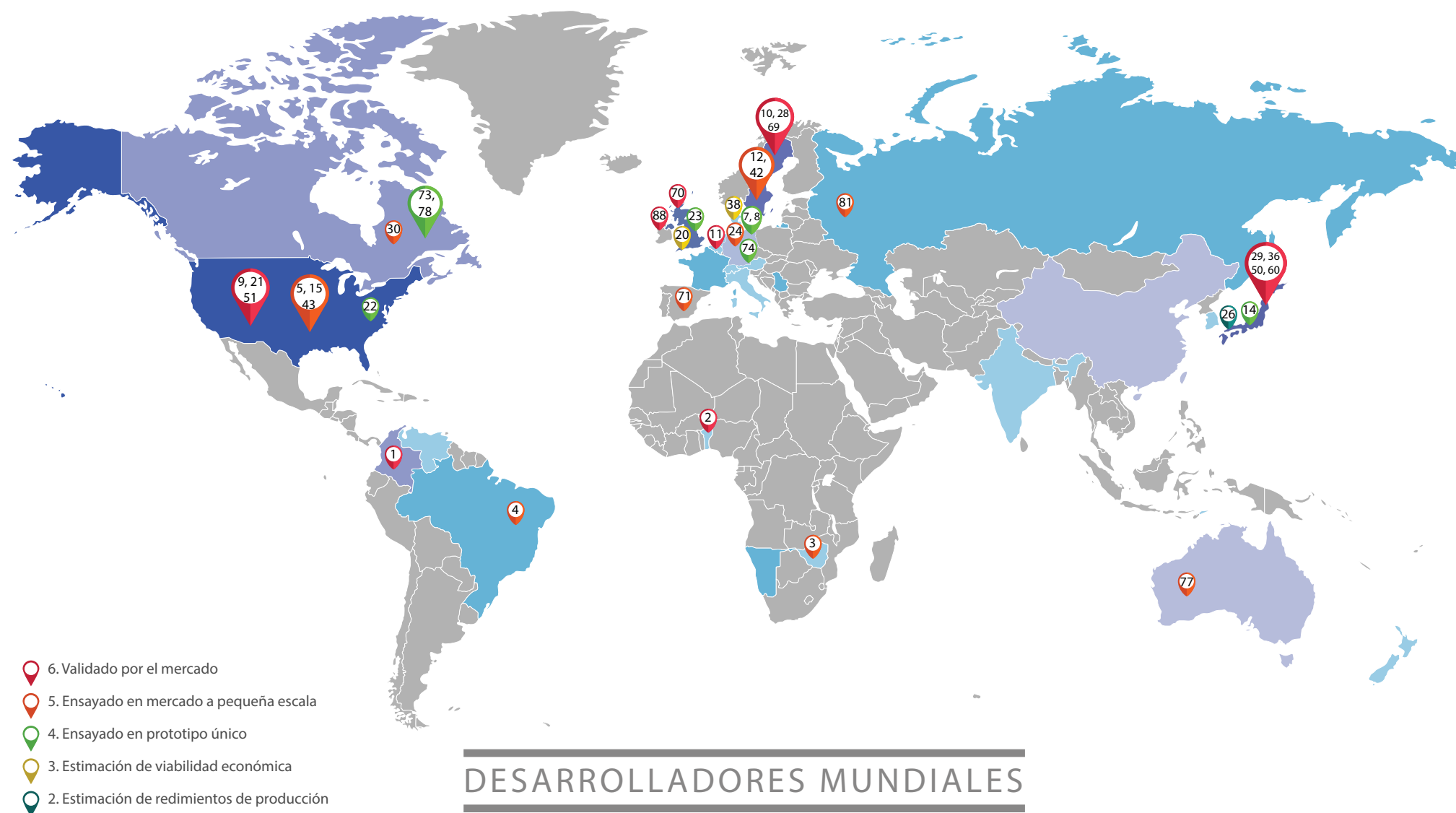
Los datos obtenidos se hallan explicados en la página 55 de la memoria del presente trabajo.

01	ESTADOS UNIDOS	34	# INNOVACIONES	5, 9, 11, 15, 16, 18, 21, 22, 32, 33, 34, 40, 43, 45, 46, 48, 49, 51, 52, 53, 61, 64, 68, 71, 72, 82, 84, 85, 86, 89, 90, 91, 92, 99
02	GRAN BRETAÑA	18	# INNOVACIONES	6, 13, 20, 23, 26, 27, 37, 50, 54, 57, 59, 63, 66, 70, 75, 76, 88, 95
03	ALEMANIA	13	# INNOVACIONES	5, 6, 7, 17, 24, 25, 42, 74, 78, 83, 87, 93, 94
04	JAPÓN-SUECIA	7	# INNOVACIONES	5, 8, 14, 36, 46, 60, 98 5, 10, 11, 12, 19, 28, 69
05	COLOMBIA-CANADÁ	5	# INNOVACIONES	1, 3, 7, 15, 17 30, 47, 58, 73, 80
06	CHINA-AUSTRALIA	3	# INNOVACIONES	3, 22, 55 31, 77, 100
07	SERBIA-BRASIL-NAMIBIA-FRANCIA-RUSIA	2	# INNOVACIONES	3, 35, 4, 44, 5, 59, 65, 97, 67, 81
08	BENÍN-ZIMBABUE-BALI-BÉLGICA-COREA SUR DINAMARCA-INDIA-HOLANDA-VENEZUELA AUSTRIA-SUIZA-ITALIA-NEUEVA ZELANDA	1	# INNOVACIONES	2, 3, 7, 13, 29, 38, 39, 41, 56, 62, 70, 79, 96

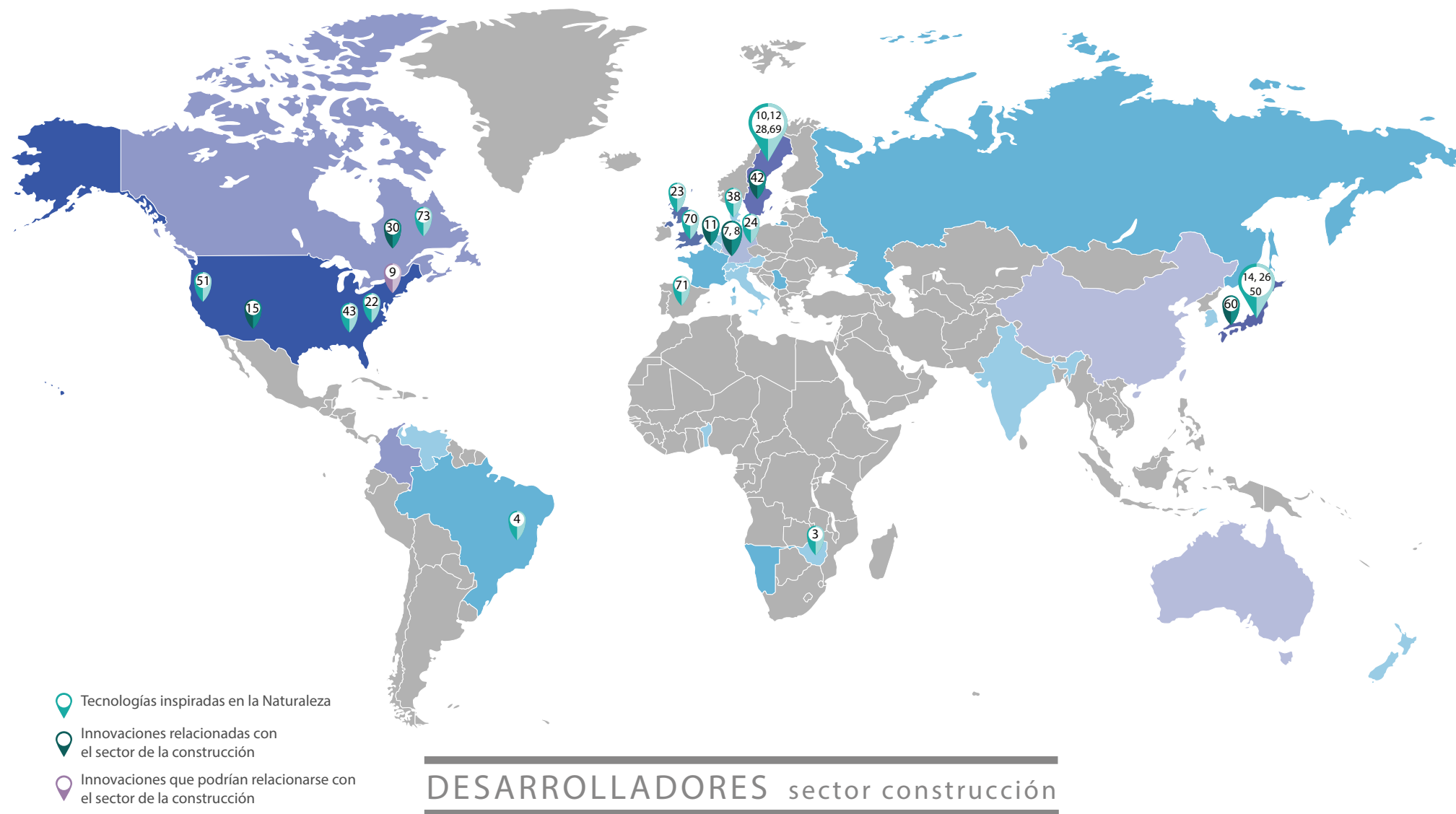


SEDES MUNDIALES

01	ESTADOS UNIDOS	7
02	JAPÓN	6
03	SUECIA	5
04	ALEMANIA	4
05	GRAN BRETAÑA	3
06	COLOMBIA	1
06	BRASIL	1
06	BENÍN	1
06	BÉLGICA	1
05	CANADÁ	3
06	AUSTRALIA	1
06	RUSIA	1
06	ZIMBABUE	1
06	DINAMARCA	1
06	ESPAÑA	1
06	IRLANDA	1

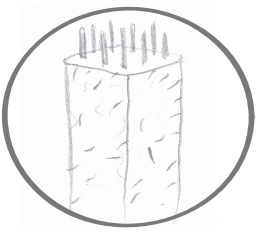
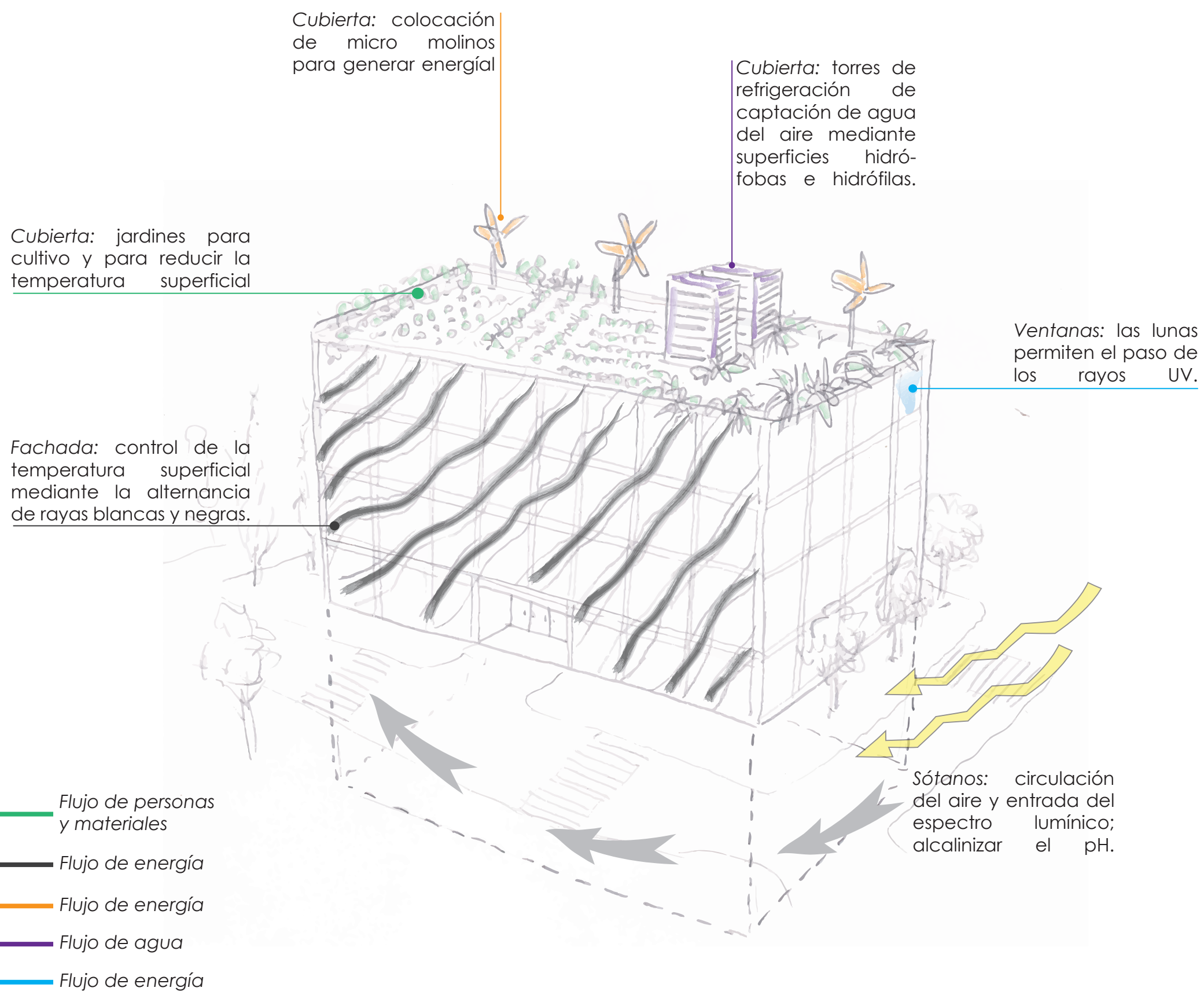


01	ESTADOS UNIDOS	5	01	SUECIA	5
02	JAPÓN	4			
03	ALEMANIA	3			
04	GRAN BRETAÑA	2	04	CANADÁ	2
05	BRASIL	1			
05	BÉLGICA	1	05	DINAMARCA	1
05	ZIMBABUE	1			
06	ESPAÑA	1			

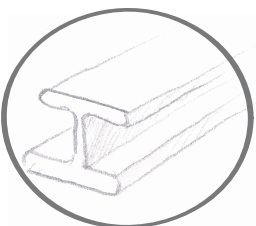


## **ANEJO C: CROQUIS DE “EL EDIFICIO DE UNA ECONOMÍA AZUL”**

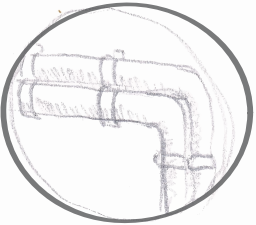
Los siguientes planos muestran un ejemplo de varias innovaciones implementadas en un edificio, según la perspectiva que tiene el autor Gunter Pauli. Para más detalles, en el apartado 2.5.4 de la memoria se exponen las características de este modelo desarrollado esquemáticamente, con el fin de facilitar una breve imagen que supondría la realización de un edificio con las innovaciones que propone Pauli.



Estructuras: fibras de bambú en el hormigón armado.



Estructuras: bloques de espuma de vidrio reciclado.



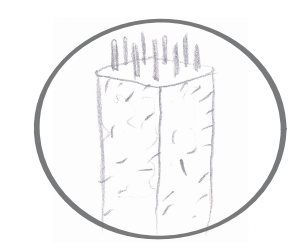
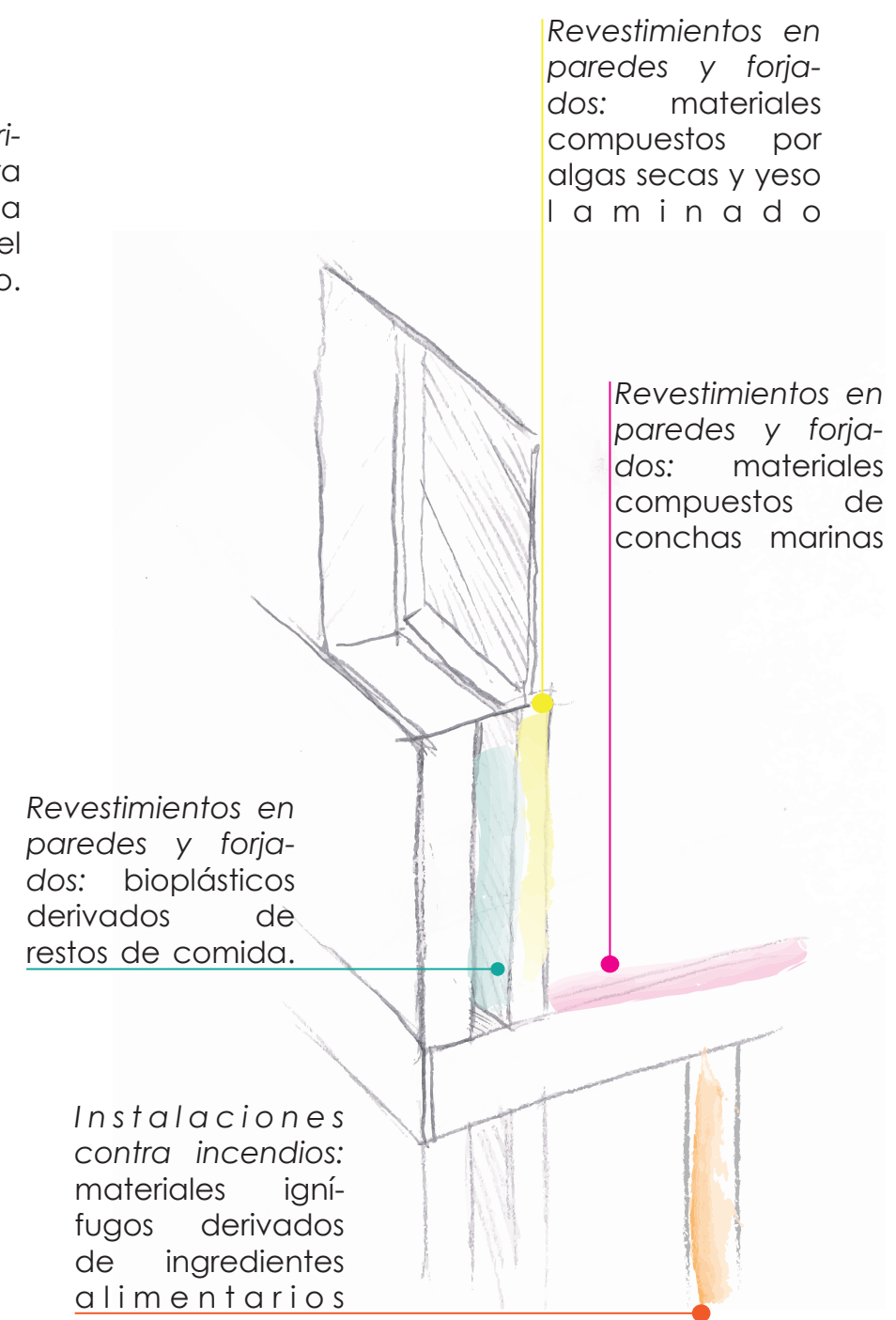
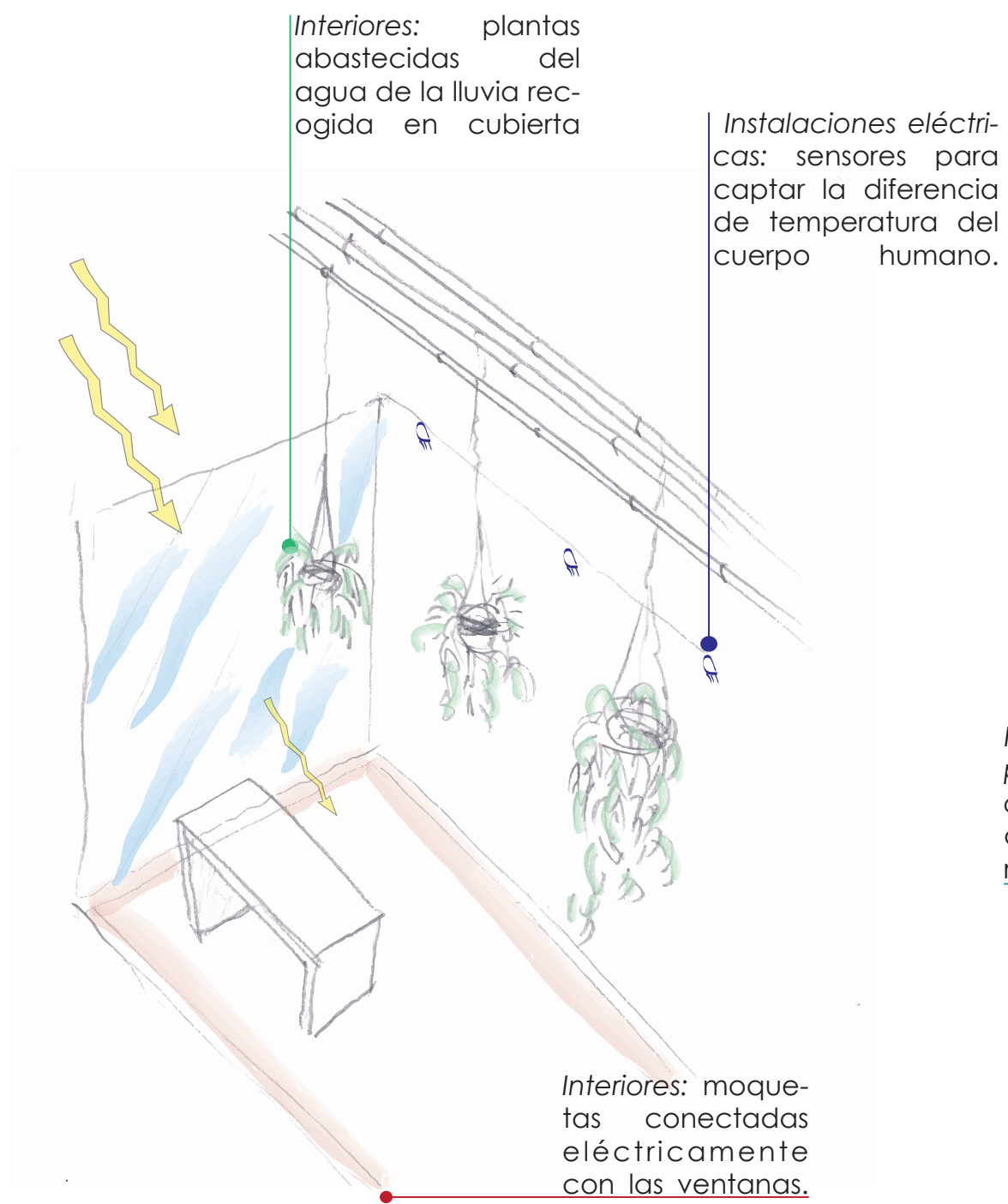
Instalaciones de fontanería: tuberías generadoras de vórtices para oxigenar aguas residuales.



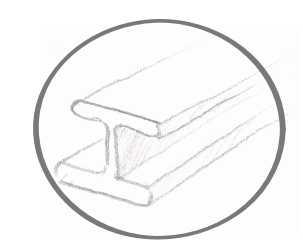
Sanitarios: separación mediante vórtices de sólidos y líquidos.

Véase tabla 2.5.3 de la memoria

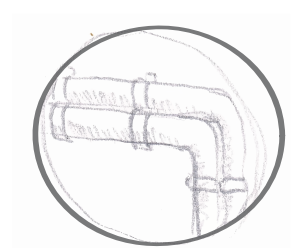




Estructuras: fibras de bambú en el hormigón armado.



Estructuras: bloques de espuma de vidrio reciclado.



Instalaciones de fontanería: tuberías generadoras de vórtices para oxigenar aguas residuales.



Sanitarios: separación mediante vórtices de sólidos y líquidos.

Véase tabla 2.5.3 de la memoria

Flujo de energía    Flujo de luz  
Flujo de aire

Flujo de materiales    Flujo de materiales  
Flujo de materiales    Flujo de materiales



## **ANEJO D: *TABLA DE LAS CIEN INNOVACIONES***

A continuación se encuentra la tabla desarrollada por la alumna en la que se especifica su contenido en el apartado 2.6 de la memoria.

GRUPO	INNOVACIÓN INSPIRADA EN LA NATURALEZA			MODELO DE INSPIRACIÓN					INVESTIGADORES (Ciencia básica)				OPORTUNIDADES POTENCIALES		MODELOS EMPRESARIALES				DESARROLLADORES			¿HA SIDO PROBADA EN LA REALIDAD?	NIVEL DE DESARROLLO [Seleccionar]	¿MODELO EN CASCADA?	DONDE HALLAR LA DESCRIPCIÓN			
	Número	Título	Descripción	LOS CINCO REINOS DE LA NATURALEZA					Física	OTROS	Nombre(s)	Adscripción			Actividad según Sector [Seleccionar]	Aplicaciones	Beneficios		Empleos potenciales		Nombre(s)					Adscripción		
				Vegetal (especie)	Animal (especie)	Fúngico (especie)	Monera-bacterias (especie)	Protoctista-algas (especie)				País	Universidad	Empresa/ Organización/ Institución			Medio Ambiente	Económicos	Por innovación	Mundiales						País	Universidad	Empresa
REUTILIZACIÓN A IMITACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS	1	Regeneración de la selva	Simbiosis de "Pino macho" + Hongo <i>Pisolithus tinctorius</i>	Pino macho ( <i>Pinus caribaea</i> )		Hongos micorrizicos ( <i>Pisolithus tinctorius</i> )					Paolo Lugari	Colombia	Centro Experimental en la Orinoquia	Forestal	Regeneración de la selva Lluvia Agua potable Alimento (setas)	Créditos Carbono	Seguridad alimentaria	2.000	15.000.000	S/ D	Colombia		Las Gaviotas	Si	6. Validado por el mercado	Si	pgs. 38-42, 99, 209, 238, 256, 262, 275, 288	
	2	Reutilización de desechos agropecuarios	Alimentación de moscas a base de carne + Procreación de moscas en base a larvas		Larvas de mosca				Cambio ácido-alcalino	Digestor de biomasa de tres cámaras	Padre Godfrey Nzamujo	Porto Novo, Benin	Centro Songhai	Pesquero	Saneamiento de agua: Tratamiento de desechos de animales (y personas) Fitoplancton (alimento para peces)+Larvas como pienso para peces y codornices	Agua potable	Jardín urbano	250	500.000	Padre Godfrey Nzamujo	Porto Novo, Benin		Centro Songhai	Si	6. Validado por el mercado	Si	pgs. 42-44, 99, 152-153, 155, 275, 289	
	3	Conversión de pulpa en proteína	Convertir biomasa desechada por plantaciones de café en hongos			Pleurotos, Shiitake, Reishi				Biomasa en descomposic n	Shuting Chang; Carmenza Jaramillo; Dra. Ivanka Milenkovic	Hong Kong, Colombia, Serbia, Zimbabue	Universidad China de Hong Kong Universidad de Belgrado	Cenicafé	Industrial	Alimento (setas) y pienso		Exportaciones	50.000.000		Chido Govero	Zimbabue		S/ D	Si	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	Si	pgs. 23-24, 103-118, 261-268, 275, 290
	4	Conversión CO2 en alimento y biocombustible	Cultivar espirulina en lagunas locales para reabsorver el CO2					Alga Espirulina ( <i>Arthrospira platensis</i> )			Jorge Alberto Vieira Costa	Brasil	Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Brasil	Energético Construcción	Alimento Biocombustible Bioplásticos	Reabsorción CO2	Seguridad alimentaria Seguridad energética	100	2.500.000	Lúcio Brusch da Fraga	Brasil		Fundação Banco do Brasil	Si	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	Si	pgs. 193-200, 259, 275, 291	
	5	Reutilización de desechos de la elaboración de bebidas	Reconversión desechos producción cerveza			Cultivo de setas					George Chan	Namibia	Universidad de Namibia	Werner List	Industrial Energético	Alimento Reciclar H2O Biocombustible	Agua potable Biogás	Seguridad energética	250	1.000.000	Jim Lueders	Estados Unidos		Cervecera Wildwood Brewing	Si	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	Si	pgs. 43, 121-122, 275, 291-292
	6	Seda para regenerar el mantillo	Reproceso seda hilada (H2O+Presión)		Araña ( <i>Nephila clavipes</i> ) y gusano de seda						Fritz Vollrath	Gran Bretaña	Universidad de Oxford	Oxford Biomaterials (OBM)	Forestal Construcción Industrial	Fertilidad suelo: reforestación Sustitución metales por seda: reducción vertederos Alimento, Energía		Material sanitario Productos de consumo		12.500.000				No	2. Estimación de rendimientos de producción	Si	pgs. 97, 123-132, 183, 275, 292-293	
	7	Viviendas de bambú	Construcción de estructuras de bambú	Fibras de Bambú ( <i>Guadua angustifolia</i> )							Klaus Steffens	Alemania	Universidad de Bremen		Construcción	Reabsorción CO2 Materiales de construcción sostenibles Agua potable	Reciclaje papel Reforestación		10.000.000	Simón Vélez; Sabine Bode; Carolina Salazar	Alemania		Fundación ZERI	Si	4. Ensayado en prototipo único	No	pgs. 246-250, 264-266, 276, 293-294	
	8	Material para la construcción rápida de viviendas baratas	Estructuras de papel reciclado	Celulosa desechada					Forma y fuerza estructural Bambú		Shigeru Ban	Japón			Construcción	Materiales de construcción sostenibles Arquitectura de emergencia	Reforestación		10.000.000		Alemania		Pavellón de Japón en la Exposición Universal de 2000	Si	4. Ensayado en prototipo único	No	pgs. 246-250, 264-266, 276, 293-294	
	9	Sistemas ecológicos de tratamiento de aguas residuales	Depurar aguas residuales municipales e industriales	Plantas	Cultivo de setas	Bacterias	Algas				John Todd	Estados Unidos		J.T. Ecological Design	Construcción Industrial	Recuperación agua Biogás Fertilizantes	Eficiencia energética	Cultivo de setas	12	250.000	John Todd		J.T. Ecological Design	Si	6. Validado por el mercado	Si	pgs. 276, 294	
	10	Tratamientos ignifugos no tóxicos	Retardadores de ignición hechos con desechos alimentarios	Pieles de Citricos						Ciclo de Krebs	Mats Nilsson	Suecia		Trulstech AB	Minero Forestal Construcción	Reducción riesgo explosión minas Control incendios forestales Diseño interiores con tratamientos ignifugos		Sanidad	12	2.000	S/ D	Suecia		Deflamo AB	Si	6. Validado por el mercado	Si	pgs. 66, 78-79, 276, 294-295
	11	Construcción con vidrio no reciclable	Materiales de construcción estructurales						Dióxido de silicio (silíce)	Biogás	Andrew Ungerleider; Gay Dillingham	Nuevo México, Estados Unidos		Earthstone	Industrial Minero Construcción	Disminución cargas en vertederos Reducción extracción piedra pómez Reemplazo materiales construcción	Aislamientos térmicos Materiales de construcción Productos de consumo		400	50.000	S/ D	Bélgica		Pittsburgh Corning Europe	Si	6. Validado por el mercado	No	pgs. 231, 276, 295
	12	Flujo de aire como en una selva	Control partículas del aire mediante filtros vivos	Plantas tropicales						Modelo selvático: lluvia	Lars Thofeldt	Suecia		Levande Filter AB	Construcción Industrial	Bajo coste energético y mantenimiento Mejora atmósfera espacios Biodiversidad vegetal	Ahorro energético Purificación del aire Sanidad		10.000	Christer Swedin	Suecia		Levande Filter AB	Si	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	No	pgs. 229, 276, 296	
	13	Protección de la radiación UV	Conversión desechos alimentarios en productos de protección solar	Pieles de tomate; Edelweiss							Jean Pol Vigneron Andrew Parker	Bélgica Gran Bretaña	Universidad de Namur Universidad de Oxford		Construcción Sanitario	Coste inferior del óxido de titanio Cosméticos		Productos de consumo	2.000					No	1. Idea no contrastada	Si	pgs. 163, 166-167, 172-177, 276, 296-297	
	14	Producción de plásticos derivados de restos de comida	Empleo de hongo para convertir el almidón en ácido poliláctico	Almidón		Hongo ( <i>Rhizopus oryzae</i> )					Yoshihito Shirai	Japón		Instituto Tecnológico de Kyushu	Industrial Construcción Ganadero	Biocombustible Bioplásticos Residuos producción como pienso	Reducción carga vertederos		10.000	Yoshihito Shirai	Japón	S/ D	S/ D	Si	4. Ensayado en prototipo único	Si	pgs. 32, 51, 276, 297	
	15	Conversión madera de diámetros pequeños en nutrientes	Transformación madera en carbón vegetal y materiales de construcción			Esporas de setas					Lynda Taylor; Robert Haspel; Antonio Giraldo	Colombia	S/ D	S/ D	Forestal Ganadero Construcción	Protección forestal Seguridad alimentaria y pienso Materiales de construcción sostenibles: reforestación	Carbón vegetal Revestimientos vegetales		40.000	S/ D	Estados Unidos	S/ D	Estado de Nuevo México	Si	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	Si	pgs. 249, 266, 277, 298	
	16	Producción biocombustible	A partir de aceites y lípidos de praderas perennes	Plantas Frutos							Wes Jackson	Estados Unidos		Land Institute	Energético	Biocombustible	Biodiversidad	Turismo	10.000					No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 277, 299	
	17	Energía sin pilas	Sustitución de las pilas por sistemas de transmisión de calor corporal		Animales de sangre caliente				Ondas de la voz	Calor corporal	Peter Spies	Alemania		Instituto Fraunhofer	Energético	Disminución dependencia minería Ahorro energía Disminución desechos		Productos de consumo Productos electrónicos Sanidad	5.000					No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 75-76, 97, 133-142, 182-183, 187, 242-243, 277, 300	
	18	Metales sin fundición a través de desechos electrónicos	Aplicación quelación sobre capa fina para recuperar metales				Bacterias				Henry Kolesinski Robert Cooley	Estados Unidos		Prime Separations	Energético Minero Construcción	Disminución minería y ahorro energía Aligeración residuos tóxicos en vertederos Metales a bajo coste energético	Eficiencia energética Metales puros Disminución transporte		50.000				No	2. Estimación de rendimientos de producción	Si	pgs. 183, 215, 277, 300-301		
	19	Física en vez de química agresiva	Sustitución de la química por la física						Vórtices y gravedad		Viktor Schaubberger Curt Hallberg	Suecia		Watreco	Construcción Industrial	Cambio consumo agua en edificios Cambio tratamiento residuos	Agua potable Irrigación		250.000				No	4. Ensayado en prototipo único	No	pgs. 76, 98, 183, 209-210, 277, 301-302		

GRUPO	INNOVACIÓN INSPIRADA EN LA NATURALEZA			MODELO DE INSPIRACIÓN					INVESTIGADORES (Ciencia básica)				OPORTUNIDADES POTENCIALES		MODELOS EMPRESARIALES				DESARROLLADORES				¿HA SIDO PROBADA EN LA REALIDAD?	NIVEL DE DESARROLLO [Seleccionar]	¿MODELO EN CASCADA?	DONDE HALLAR LA DESCRIPCIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	Número	Título	Descripción	LOS CINCO REINOS DE LA NATURALEZA					Física	OTROS	Nombre(s)	Adscripción			Actividad según Sector [Seleccionar]	Aplicaciones	Beneficios		Empleos potenciales		Nombre(s)	Adscripción																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				Vegetal (especie)	Animal (especie)	Fúngico (especie)	Monera-bacterias (especie)	Protoctista-algas (especie)				País	Universidad	Empresa/ Organización/ Institución			Medio Ambiente	Económicos	Por innovación	Mundiales		País					Universidad	Empresa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
SUSTITUCIÓN DE ALGO POR NADA				Energético																			Producción hielo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	20	Conservación sin refrigeración	Preservar vacunas y alimentos sin cadena de frío	Helecho de la resurrección (Polypodium polypodioides )	Tardígrados						Bruce Roser	Gran Bretaña				Energético	Reducción emisiones CO2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				</

GRUPO	INNOVACIÓN INSPIRADA EN LA NATURALEZA			MODELO DE INSPIRACIÓN						INVESTIGADORES (Ciencia básica)				OPORTUNIDADES POTENCIALES		MODELOS EMPRESARIALES				DESARROLLADORES				¿HA SIDO PROBADA EN LA REALIDAD?	NIVEL DE DESARROLLO [Seleccionar]	¿MODELO EN CASCADA?	DONDE HALLAR LA DESCRIPCIÓN		
	Número	Título	Descripción	LOS CINCO REINOS DE LA NATURALEZA					Física	OTROS	Nombre(s)	Adscripción		Actividad según Sector [Seleccionar]	Aplicaciones	Beneficios		Empleos potenciales		Nombre(s)	Adscripción								
				Vegetal (especie)	Animal (especie)	Fúngico (especie)	Monera-bacterias (especie)	Protoctista-algas (especie)				País	Universidad			Empresa/Organización/Institución	Medio Ambiente	Económicos	Por innovación		Mundiales	País	Universidad					Empresa	
				Institute											Generar empleo											económica			
39	Filtración de agua mediante grafito coloidal	Tratamiento de aguas industriales y urbanas		Almejas (bivalvos)							U.H. Mane	India	Universidad de Marathwada		Construcción Industrial	Bajo coste energético y mantenimiento Conversión agua contaminada en recurso		250.000					No	1. Idea no contrastada	Si	pgs. 279, 294			
40	Purificación del agua	Restauración de ríos		Ciprés de los pantanos							Rudolf Scheffrahn	Estados Unidos	Universidad de Florida		Construcción Forestal	Bajo coste energético y mantenimiento Conversión agua contaminada en recurso		250.000					No	1. Idea no contrastada	Si	pgs. 279, 294			
41	Purificación del agua	Tratamiento de aguas mediante tecnología limpiadora		Camarón pistola							Michel Versluis	Holanda	Universidad de Twente		Industrial Industrial Sanitario	Nebulizadores y microelectrónica Alimentación y agua potable Fármacos	Productos de consumo Productos electrónicos	250.000					No	1. Idea no contrastada	Si	pgs. 279, 294			
42	Control de impacto mediante frústulas de diatomeas	Material aligerado a base de burbujas de aire			Diatomeas						Christian Hamm	Alemania		Instituto Alfred Wegener	Construcción	Materiales de construcción estructurales Montaje rápido Disminución cargas en vertederos		50.000	Áke Márd	Suecia		MRD AB	Si	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	Si	pgs. 280, 295			
43	Plásticos a partir de CO y CO <sub>2</sub>	Plásticos derivados de cítricos		Citricos							Geoffrey Coates	Estados Unidos		Novomer	Construcción Industrial	Plásticos de diseño Microelectrónica Envases de alimentos	Productos electrónicos	10.000	S/ D		Estados Unidos	Unilever DSM	Si	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	Si	pgs. 280, 297			
44	Poliésteres a partir de algas	Obtención de poliésteres extralidos de algas									Michele Greeque de Morais	Brasil	Universidad de Rio Grande do Sul		Sanitario Construcción Industrial	Cosméticos Nanopolímeros Envases de alimentos		10.000					No	1. Idea no contrastada	Si	pgs. 280, 297			
45	Biobaterías inspiradas en los peces eléctricos	Sustitución de baterías		Torpedo marmorata, T. ocellata							Michael N. Sheridan	Estados Unidos		Medical College of Virginia	Construcción Industrial	Disminución dependencia minería Reducir costes Remodelación dispositivos	Productos electrónicos	5.000					No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 280, 300			
46	Algoritmo para conservar la energía	Climatización de interiores		Plantas con flores							Roger Seymour	Australia	Universidad de Adelaida		Energético Construcción	Reducción emisiones CO2 Reducir costes energéticos Sustitución aire acondicionado convencional	Climatización hogar e invernaderos	20.000	Kikukatsu Ito	Japón	Universidad de Iwate		No	2. Estimación de rendimientos de producción	No	pgs. 280, 316			
47	Captura de plomo	Gestión de residuos		Geranio amarillo							Praveen Saxena	Canadá	Universidad de Guelph	Plant Cell Technology Laboratory	Construcción Energético	Reciclaje desechos Purificación del agua Reciclado baterías de automóvil	Gestión de residuos	Productos electrónicos	50.000				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 280, 301			
48	Captura de cobre	Cableado eléctrico		Hongo Oreja de Judas							Paul Stamets	Estados Unidos		Fungi Perfecti	Construcción Energético	Reciclaje desechos electrónicos Descontaminación del suelo Reciclado baterías de automóvil	Pigmentos Productos electrónicos	50.000					No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 280, 301			
49	Aplicación de la serie de Fibonacci a la turbulencia	Diseño de vórtices basados en la serie de Fibonacci		Nautilo							Jay Harman	Estados Unidos		Pax Scientific	Construcción Industrial	Tratamiento de aguas Refrigeración ordenadores Ventilación		250.000					No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 79-80, 280, 301-302			
50	Fijación sin adhesivos, tuercas ni pernos	Adherencia sin adhesivo		Geco							Stanislav Gorb	Gran Bretaña		British Aerospace	Construcción Industrial	Eficiencia material Incremento vida útil componentes			S/ D	Japón	Nitto Denko	Si	6. Validado por el mercado	No	pgs. 280, 302-303				
51	Colas sin formaldehído	Procesamiento de la madera		Mejillón							Kaichang Li	Estados Unidos	Universidad de Oregón		Construcción	Eficiencia material Reducción componentes tóxicos Embalajes multicapa			S/ D	Estados Unidos	Columbia Forest Products	Si	6. Validado por el mercado	No	pgs. 281, 303				
52	Antibióticos naturales	Soluciones sin química agresiva		Agracejo							Kim Lewis	Estados Unidos	Northeastern University		Industrial	Procesamiento de alimentos Higiene personal Productos de limpieza						No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 281, 303				
53	Control de la gripe aviar	Soluciones sin química agresiva		Buitres							John Coleman	Estados Unidos	Virginia Polytechnic		Construcción	Gestión de edificios Filtración de aire Climatización interiores						No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 281, 303				
54	Repelente para el mosquito de la fiebre amarilla	Soluciones sin química agresiva		Gaúr asiático							Andrew Evans	Gran Bretaña	Universidad de Liverpool		Sanitario	Gestión sanitaria de espacios públicos						No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 281, 303				
55	Química antifúngica	Soluciones sin química agresiva		Judía roja							T.B. Ng	China	Universidad China de Hong Kong		Construcción Industrial	Gestión de edificios Procesamiento de madera Procesamiento de alimentos	Productos agrícolas					No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 281, 303				
56	Agua potable de condensación	Extracción de agua del aire		Cactus							Ernesto Medina	Venezuela		Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas	Construcción Energético	Sistemas de irrigación y gestión de edificios Mitigación efecto isla de calor Reducción emisiones CO2		100.000					No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 281, 304			
57	Desalinización	Obtención de agua potable		Pinguinos							Andrew Rankin Eric Wolff	Gran Bretaña		British Antarctic Survey	Construcción Industrial	Suministro agua en ciudades Producción agua emergencia Transporte, petróleo y gas						No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 281, 304				
58	Membrana impermeable a la sal	Obtención de agua potable		Coco de mar							Daniel Mosquin	Canadá	Universidad de Columbia Británica		Industrial	Suministro agua en zonas costeras Transporte marítimo						No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 281, 304				
59	Agua potable del aire	Extracción de agua del aire		Welwitschia mirabilis							Keto Mshigeni	Namibia	Universidad de Namibia		Construcción Ganadero	Gestión de edificios Agricultura						No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 282, 304				
60	Superficie autolimpiante	Cerámica de sanitarios		Oreja de mar							Emile Ishida	Japón	Universidad de Tohoku	INAX	Construcción Industrial	Reducción compuestos químicos Reducción contaminación agua Eficiencia material		100.000	S/ D	Japón	INAX	Si	6. Validado por el mercado	No	pgs. 282, 304-305				
																Reducción compuestos químicos	Motores												

GRUPO	INNOVACIÓN INSPIRADA EN LA NATURALEZA			MODELO DE INSPIRACIÓN					INVESTIGADORES (Ciencia básica)				OPORTUNIDADES POTENCIALES		MODELOS EMPRESARIALES				DESARROLLADORES				¿HA SIDO PROBADA EN LA REALIDAD?	NIVEL DE DESARROLLO [Seleccionar]	¿MODELO EN CASCADA?	DONDE HALLAR LA DESCRIPCIÓN	
	Número	Título	Descripción	LOS CINCO REINOS DE LA NATURALEZA					Física	OTROS	Nombre(s)	Adscripción		Actividad según Sector [Seleccionar]	Aplicaciones	Beneficios		Empleos potenciales		Nombre(s)	Adscripción						
				Vegetal (especie)	Animal (especie)	Fúngico (especie)	Monera-bacterias (especie)	Protoctista-algas (especie)				País	Universidad			Empresa/ Organización/ Institución	Medio Ambiente	Económicos	Por innovación		Mundiales	País					Universidad
PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS	61	Amalgamas cerámicas	Control de la temperatura ambiente	Gusano (Glycera)					Herbert Waite	Estados Unidos	Universidad de California-Santa Bárbara	Construcción	Reducción contaminación agua	Productos electrónicos	3.000		No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 282, 310							
												Industrial	Eficiencia material														
	62	Lubricantes	Diseño de sistemas energéticamente eficientes	Diatomeas					Ilse Gebeshuber	Austria	Universidad Tecnológica de Viena	Industrial	Sistemas mecánicos	Productos electrónicos	5.000		No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 282, 305							
													Eficiencia material														
													Reducción componentes tóxicos														
	63	Blanqueamiento	Sustitución blanqueadores	Escarabajo (Cyphochilus)					Peter Vukusic	Gran Bretaña	Universidad de Exeter	Industrial	Reducción componentes químicos	Productos de consumo	2.000		No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 282, 306							
													Sustitución sistema de coloración	Sanidad													
													Reducción componentes tóxicos	Seguridad alimentaria													
	64	Embalajes resistentes	Respuesta de tensión endureciéndose	Cohombro de mar					Christoph Weder	Estados Unidos	Case Western University	Industrial	Reducción dependencia minería	Eficiencia material	Productos electrónicos			No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 282, 310						
													Reducción emisiones CO2														
													Reducción productos químicos														
	65	Embalaje expandible	Envoltorio sin aluminio	Pelicano					A. J. Crivelli	Francia	Station Biologique de la Tour du Valat	Industrial	Reducción dependencia minería	Eficiencia energética	Productos de consumo			No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 282, 310						
													Reducción emisiones CO2	Eficiencia material													
													Reducción productos químicos														
	66	Impermeabilización	Bioplásticos y materiales de construcción	Abejas					Glynne Jones	Gran Bretaña	Agricultural College	Industrial	Reducción dependencia minería	Eficiencia energética	Bioplásticos			No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 282, 310						
													Reducción emisiones CO2	Eficiencia material	Materiales de construcción												
													Reducción productos químicos														
	67	Degradación de madera para papel	Materiales aislantes	Hongos de la roya blanca					Bacterias	Vladimir Zverlov	Rusia	Academia de Ciencias Rusa	Construcción	Reutilización CO2	Eficiencia energética	Aislamientos térmicos	250.000		No	1. Idea no contrastada	Sí	pgs. 282, 311					
													Producción a pequeña escala	Eficiencia material	Papel												
													Eficiencia material														
68	Luz azul para el test del VIH	Dispositivos médicos	Crustáceos de profundidad					Fred Mitchell	Estados Unidos	Beacon Biotechnology	Sanitario	Reducción productos tóxicos	Eficiencia energética	Dispositivos médicos	150.000		No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 282, 312							
												Reducción extracción mercurio	Eficiencia material	Sanidad													
												Endurecimiento de adhesivos															
69	Tuberías y conductos para edificios	Válvulas simples para regular entrada, salida y circulación de fluidos	Aparatos respiratorio y digestivo humanos					Björn Bellander	Suecia	Splitvision AB	Construcción	Reducción pérdida energía	Eficiencia energética		500		Björn Bellander	Suecia	Splitvision AB	Sí	6. Validado por el mercado	No	pgs. 282, 314				
												Gestión aguas residuales	Eficiencia material	Sanidad													
												Eficiencia material															
70	Células solares de capa fina	Generación de energía a partir de pigmento foliar	Hojas de plantas						Michael Graetzel	Suiza	Politecnique de Lausanne	Energético	Eficiencia energética	Eficiencia energética	Equipamientos en edificios	500.000		Alan Heeger	Reino Unido	Universidad de California	Konarka	Sí	6. Validado por el mercado	No	pgs. 283, 315		
													Eficiencia material	Eficiencia material	Tejidos												
												Sustitución energía fotovoltaica															
71	Calor solar concentrado	Generación de energía solar	Libélula					Luke Lee	Estados Unidos	Universidad de California-Santa Bárbara	Energético	Eficiencia energética	Eficiencia energética		500.000		S/D	España	Abengoa	Sí	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	No	pgs. 283, 315				
												Agua caliente	Eficiencia material														
												Sustitución energía fotovoltaica															
72	Conservación del calor	Generación de calor o frío por recuperación	Atún					Brian K. McNab	Estados Unidos	Universidad de Florida	Energético	Eficiencia energética	Eficiencia energética	Equipamientos en edificios	500.000		Alan Heeger	Reino Unido	Universidad de California	Konarka	Sí	6. Validado por el mercado	No	pgs. 283, 315			
												Intercambiadores de calor	Eficiencia material	Tejidos													
												Recuperación energética															
73	Reducción de la fricción	Reducción contaminación sonora de las turbinas	Cetáceos					Frank Fish	Pensilvania	West Chester University	Energético	Eficiencia energética	Energía edíca	Automóviles	10.000		Frank Fish	Canadá	Whalepower	Sí	4. Ensayado en prototipo único	No	pgs. 242, 283, 316-317				
												Generación energía	Reducción contaminación sonora	Industria aeroespacial													
												Reducción contaminación sonora															
74	Eficiencia aerodinámica	Automóvil inspirado en el pez cofre	Pez cofre (Ostracion cubicus)					Klaus Mattheke	Alemania	Mercedes Benz	Energético	Eficiencia energética	Energía edíca	Automóviles	10.000		S/D	Alemania	Mercedes Benz	Sí	4. Ensayado en prototipo único	No	pgs. 283, 317				
												Consumo energía óptimo	Reducción contaminación sonora														
												Diseño automoción															
75	Energía de estado sólido	Biobaterías	Líquenes					J.W. Millbank	Gran Bretaña	Imperial College	Energético	Eficiencia energética	Sanidad	Sanidad	5.000		No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 283, 300							
												Reducción caudal desechos															
												Disminución dependencia minería															
76	Biocatálisis	Aceleración proceso en un medio acuoso	Algas marinas					J.W. Millbank	Gran Bretaña	Universidad de Exeter	Energético	Reducción daños medioambientales	Procesamiento de alimentos	Procesamiento de alimentos	150.000		No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 283, 312-313							
												Diversidad en fabricación															
												Eliminación riesgos laborales															
77	Energía de las olas	Absorción movimiento de las olas oceánicas por mareas	Laminaria gigante					Tim Finnigan	Australia	BioPower Systems	Energético	Eficiencia energética	Reducción contaminación sonora	Reducción contaminación sonora	10.000		S/D	Australia	BioPower Systems	Sí	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	No	pgs. 283, 316				
												Generación energía															
												Desarrollo región costera															
78	Reducción de la congestión del tráfico	Aplicación principios de la inteligencia de enjambre	Enjambres de insectos					Darya Popiv	Alemania	Technische Universität	Construcción	Reducción daños medioambientales	Ricardo Hoar	Ricardo Hoar	25.000		Joanne Penner	Canadá	Universidad de Calgary	Sí	4. Ensayado en prototipo único	No	pgs. 283, 322				
												Gestión movilidad															
												Automoción y telecomunicaciones															
79	Autocalefacción	Capacidad de mantener la temperatura floral	Yaro tragamoscas (Helicodiceros muscivorus)					Ana Maria Angloy	Italia	Universidad de Cagliari	Construcción	Eficiencia material			20.000		No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 283, 316							
												Energético	Eficiencia energética														
												Ganadero	Agricultura														
												Energético	Eficiencia energética														

GRUPO	INNOVACIÓN INSPIRADA EN LA NATURALEZA			MODELO DE INSPIRACIÓN						INVESTIGADORES (Ciencia básica)				OPORTUNIDADES POTENCIALES		MODELOS EMPRESARIALES				DESARROLLADORES				¿HA SIDO PROBADA EN LA REALIDAD?	NIVEL DE DESARROLLO [Seleccionar]	¿MODELO EN CASCADA?	DONDE HALLAR LA DESCRIPCIÓN	
	Número	Título	Descripción	LOS CINCO REINOS DE LA NATURALEZA					Física	OTROS	Nombre(s)	Adscripción			Actividad según Sector [Seleccionar]	Aplicaciones	Beneficios		Empleos potenciales		Nombre(s)	Adscripción						
				Vegetal (especie)	Animal (especie)	Fúngico (especie)	Monera-bacterias (especie)	Protoctista-algas (especie)				País	Universidad	Empresa/ Organización/ Institución			Medio Ambiente	Económicos	Por innovación	Mundiales		País	Universidad					Empresa
	80	Anticongelantes	Producción sostenible de anticongelantes		harina (Tenebrio molitor)						Virginia Walker	Canadá	Universidad de Cagliari		Industrial	Reducción consumo petróleo	Eficiencia material	Preservación alimentos	2.000					No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 284, 321	
	81	Depósitos de sílice	Redefinición circuitos integrados	Espojas							Viktor Bykov	Rusia		NT-MDT	Energético	Reducción daños medioambientales	Eficiencia energética	Productos electrónicos										
															Industrial	Bajo coste energético	Eficiencia material	Reducción de costes	70.000	S/ D	Rusia		NT-MDT	Si	5. Ensayado en mercado a pequeña escala	No		pgs. 284, 319
	82	Lentes sin distorsión	Control de la cristalización en industria electrónica	Ofiura							Joanna Aizenberg	Estados Unidos	Universidad de Harvard		Energético	Eficiencia energética												
														Industrial	Efficiencia material	Reducción contaminación sonora	Productos electrónicos	3.000				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 284, 318			
	83	Autoensamblaje de microprocesadores	Producción de sílice				Diatomeas				Nils Kröger	Alemania	Universidad de Regensburg		Energético	Eficiencia energética		Productos electrónicos										
														Industrial	Efficiencia material		Reducción de costes	70.000				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 284, 319			
	84	Conductividad	Generación y conducción electricidad	Ballenas								Jorge Reynolds	Colombia	Whale Tracking Research Colombia	Construcción	Eficiencia energética		Productos electrónicos										
															Industrial	Disminución dependencia minería		Sanidad	5.000				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 284, 300		
	85	Geles conductores	Control de la temperatura	Tiburones								R. Douglas Field	Estados Unidos	Universidad de San Francisco	Laboratorio de Biología Marina de Woods Hole	Energético	Eficiencia energética		Dispositivos médicos									
																Construcción	Efficiencia material		Productos electrónicos	2.000				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 284, 321	
																Industrial	Reducción residuos tóxicos											
	86	Lentes de capa fina	Lentes de gran angular	Pulpo								Anna Hiltner	Estados Unidos	Case Western University		Energético	Eficiencia energética											
															Industrial	Efficiencia material	Reducción contaminación sonora	Sistemas de seguridad	3.000				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 284, 318		
	87	Sensores de infrarrojos	Dispositivos de advertencia de incendios forestales	Coleóptero (Melanophila acuminata)											Construcción	Eficiencia energética		Industria militar										
Industrial															Efficiencia material	Reducción contaminación sonora	Productos electrónicos	1.000				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 284, 320			
															Reducción residuos tóxicos		Sistemas de seguridad											
88	Radar para aeropuertos	Cámara Tadar	Murciélagos								Tony McEnroe	Irlanda	Centro Nacional de Investigación en Microelectrónica	Energético	Eficiencia energética													
														Industrial	Efficiencia material	Reducción contaminación sonora	Sistemas de seguridad	1.000	S/ D	Irlanda		Farran Technology	Si	6. Validado por el mercado	No	pgs. 284, 320		
															Reducción residuos tóxicos													
89	Localización por sónar	Audífonos óptimos y con sonoridad	Mosca (Ormia ochrocea)								Ron Hoy	Estados Unidos	Universidad de Cornell	Construcción	Eficiencia energética		Dispositivos médicos											
														Industrial	Efficiencia material	Reducción contaminación sonora	Sistemas de seguridad	1.000				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 284, 320			
90	Lentes acústicas	Óptica oceánica	Delfín rosado del Amazonas								James Aroyan	Estados Unidos	Universidad de California-Santa Cruz	Construcción	Eficiencia energética		Dispositivos médicos											
														Industrial	Efficiencia material	Reducción contaminación sonora	Sanidad	3.000				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 284, 318			
91	Transmisión del sonido	Audífonos derivados de las patas de los elefantes	Elefante								Caitlin O'Connell-Rodwell	Estados Unidos	Universidad de Standford	Energético	Eficiencia energética		Dispositivos médicos											
														Industrial	Efficiencia material		Sanidad					No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 190-191, 285, 319			
92	Fibras ópticas	Generación de fibras ópticas a temperatura ambiente	Espojas								Joanna Aizenberg	Estados Unidos	Universidad de Harvard	Construcción	Eficiencia energética													
														Industrial	Reducción contaminación sonora	Reducción contaminación sonora	Telecomunicaciones				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 285, 317-318				
93	Transmisión subacuática de datos	Generación de fibras ópticas a temperatura ambiente	Delfines								Rudolph Bannasch	Alemania	Universidad Técnica de Berlín	Construcción	Eficiencia energética													
														Industrial	Reducción contaminación sonora	Reducción contaminación sonora	Telecomunicaciones				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 285, 318				
94	Superficies hidrófobas	Control del agua	Insecto Zapatero								Zdenek Cerman	Alemania	Universidad de Bonn	Energético	Eficiencia energética													
														Industrial	Efficiencia material		Productos de consumo	2.500				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 285, 321			
95	Deshumidificación	Control del agua	Cucaracha del desierto (Arenivaga investigata)								Julian Vincent	Gran Bretaña	Universidad de Bath	Construcción	Eficiencia energética		Gestión de edificios											
														Industrial	Efficiencia material		Preservación alimentos	2.500				No	1. Idea no contrastada	No	pgs. 285, 321			
3 PARA EL PENSAMIENTO	96	Control de la malaria	Mejora de la sanidad		Araña saltadora (Evarcha culicivora)						Ximena Nelson	Nueva Zelanda	Universidad de Canterbury		Sanitario	Mejora de la sanidad							No	1. Idea no contrastada		pgs. 285, 324		
	97	Resistencia a la radiación, reparación del ADN	Reparación tras irradiación					Bacteria (Deinococcus radiodurans)			Nicolas Leulliot	Francia	Universidad Paris-Sud		Sanitario	Mejora de la sanidad							No	1. Idea no contrastada		pgs. 285, 323		
	98	Amortiguación de choques	Diseño de parachoques		Pájaro carpintero						Juhachi Oda	Japón	Universidad de Kanazawa	Toyota	Industrial	Mejora de la seguridad								No	1. Idea no contrastada		pgs. 285, 323	

GRUPO	INNOVACIÓN INSPIRADA EN LA NATURALEZA			MODELO DE INSPIRACIÓN						INVESTIGADORES (Ciencia básica)				OPORTUNIDADES POTENCIALES		MODELOS EMPRESARIALES				DESARROLLADORES				¿HA SIDO PROBADA EN LA REALIDAD?	NIVEL DE DESARROLLO [Seleccionar]	¿MODELO EN CASCADA?	DONDE HALLAR LA DESCRIPCIÓN	
	Número	Título	Descripción	LOS CINCO REINOS DE LA NATURALEZA					Física	OTROS	Nombre(s)	Adscripción		Actividad según Sector [Seleccionar]	Aplicaciones	Beneficios		Empleos potenciales		Nombre(s)	Adscripción							
				Vegetal (especie)	Animal (especie)	Fúngico (especie)	Monera-bacterias (especie)	Protocista-algas (especie)				País	Universidad			Empresa/ Organización/ Institución	Medio Ambiente	Económicos	Por innovación		Mundiales	País	Universidad					Empresa
ALIMENTIC	99	Reducción de la grasa corporal	Quema de grasas en vez de azúcares	Animales que hibernan							Chen Chi Lee	Estados Unidos	Universidad de Texas		Sanitario	Mejora de la sanidad								No	1. Idea no contrastada	pgs. 285, 323-324		
	100	Reducción de la acidez gástrica	Acidez estomacal	Rana ornitorrinco (Rheobatrachus silus)							Michael Tyler	Australia	Universidad de Adelaida		Sanitario	Mejora de la sanidad								No	1. Idea no contrastada	pgs. 160-161, 285, 324		

## ***ANEJO E: TABLA DE LAS INNOVACIONES PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN***

A continuación se encuentra la tabla con las innovaciones asociadas a la construcción en la que en la página 52 de la memoria se detallan sus resultados.



**ANEJO D TABLA DE LAS INNOVACIONES CLASIFICADAS PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN**

ESPECIALIDADES EN CONSTRUCCIÓN	NÚM. INNOVACIÓN	TÍTULO	TECNOLOGÍAS INTEGRADAS EN LA ARQUITECTURA	DESARROLLADORES/ PROBADAS EN LA ACTUALIDAD
Preparación terreno	40*	Purificación del agua		
Cimentación				
Estructura	7	Viviendas de bambú	Cadena de valor del bambú, generadora de agua y mantillo	Fundación ZERI
Estructura	8	Sistema arquitectónico inspirado en el Bambú		Pavellón de Japón en la Exposición Universal de 2000
Estructura	11	Construcción con vidrio no reciclable		
Cubierta				
Instalaciones	9	Sistemas ecológicos de tratamiento de aguas residuales		J.T. Ecological Design
Instalaciones	12	Control partículas aire mediante filtros vivos	Purificación del aire por plantas	Levande Filter AB
Instalaciones	19	Física en vez de química agresiva		
Instalaciones	23	Depuración de agua sin ósmosis		
Instalaciones	28	Aire acondicionado sin maquinaria	Calefacción y refrigeración al modo de las termitas	EcoCycle Architects
Instalaciones	29	Calefacción desde abajo	Fibra de carbono para calentar raíces	
Instalaciones	34	Luz sin mercurio	Luz fría de calamares y setas	
Instalaciones	38	Purificación del agua	Vórtice para la purificación del agua	Aquaporin A/S
Instalaciones	39	Filtración de agua mediante grafito coloidal		
Instalaciones	46	Algoritmo para conservar la energía		
Instalaciones	49	Aplicación de la serie de Fibonacci a la turbulencia	Dinámica de fluidos	
Instalaciones	53	Control de la gripe aviar		
Instalaciones	56	Agua potable de condensación	Absorción del agua atmosférica por las espinas del cactus	
Instalaciones	57	Desalinización		
Instalaciones	59	Agua potable del aire	Obtención de agua del aire	
Instalaciones	69	Tuberías y conductos para edificios	Uso de un mismo conducto para agua y aire por Split Box	Splitvision AB
Instalaciones	70	Células solares de capa fina	Sistemas de bioelectricidad	
Instalaciones	71	Calor solar concentrado		
Instalaciones	72	Conservación del calor		
Instalaciones	73	Reducción de la fricción		
Instalaciones	77	Energía de las olas		

**ANEJO D TABLA DE LAS INNOVACIONES CLASIFICADAS PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN**

ESPECIALIDADES EN CONSTRUCCIÓN	NÚM. INNOVACIÓN	TÍTULO	TECNOLOGÍAS INTEGRADAS EN LA ARQUITECTURA	DESARROLLADORES/ PROBADAS EN LA ACTUALIDAD
Instalaciones	78	Reducción de la congestión del tráfico		Universidad de Calgary
Instalaciones	79	Autocalfacción		
Instalaciones	84	Conductividad		
Instalaciones	85	Geles conductores		
Instalaciones	87	Sensores de infrarrojos		
Instalaciones	89	Localización por sónar		
Instalaciones	92	Fibras ópticas		
Instalaciones	95	Deshumidificación		
Cerramientos exteriores				
Impermeabilización y aislamientos	10	Tratamientos ignífugos no tóxicos	Ignífugos derivados de ingredientes alimentarios	
Impermeabilización y aislamientos	27	Aerosoles sin propelentes	Aerosol del escarabajo bombardero	
Impermeabilización y aislamientos	66	Impermeabilización	Impermeabilización al modo de las abejas	
Impermeabilización y aislamientos	67	Degradación de madera para papel		
Cerramientos interiores				
Acabados	26	Coloración sin pigmentos	Blanco sin cloro	
Acabados	35	Disoluciones sin disolvente		
Carpintería				
Muebles sanitarios	60	Superficie autolimpiante		INAX
Gestión residuos	47	Captura de plomo		
Gestión residuos	48	Captura de cobre		
Materiales de construcción	3	Conversión de pulpa en proteína		
Materiales de construcción	4	Conversión CO <sub>2</sub> en alimento y biocombustible		
Materiales de construcción	6	Seda para regenerar el mantillo	Seda en vez de acero	
Materiales de construcción	13	Protección de la radiación UV		
Materiales de construcción	14	Producción de plásticos derivados de restos de comida	Conversión de restos de comida en plásticos	
Materiales de construcción	15	Conversión madera de diámetros pequeños en nutrientes		
Materiales de construcción	18	Metales sin fundición a través de desechos electrónicos		
Materiales de construcción	21	Productos adheridos sin adhesivo		
Materiales de construcción	22	Asepsia sin bactericidas		
Materiales de construcción	24	Limpieza sin jabón		
Materiales de construcción	25	Movimiento sin fricción		
Materiales de construcción	30	Producción de cemento sin explotación de canteras		
Materiales de construcción	32	Cerámica en frío		

ANEJO D TABLA DE LAS INNOVACIONES CLASIFICADAS PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

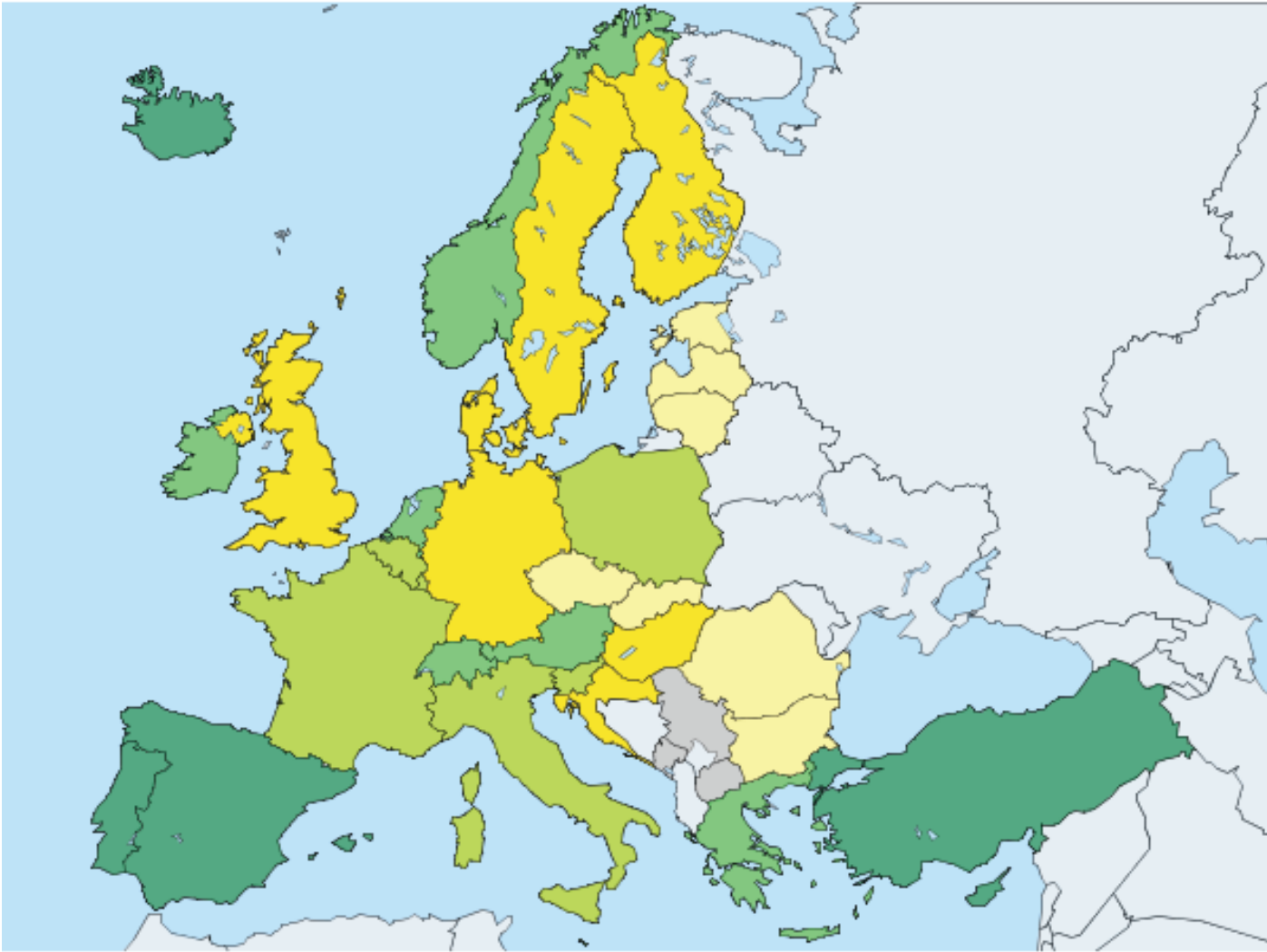
ESPECIALIDADES EN CONSTRUCCIÓN	NÚM. INNOVACIÓN	TÍTULO	TECNOLOGÍAS INTEGRADAS EN LA ARQUITECTURA	DESARROLLADORES/ PROBADAS EN LA ACTUALIDAD
Materiales de construcción	33	Elaboración Papel sin química		
Materiales de construcción	42	Control de impacto mediante frústulas de diatomeas		MRD AB
Materiales de construcción	43	Plásticos a partir de CO y CO <sub>2</sub>	Materiales de construcción derivados del CO <sub>2</sub>	Unilever
Materiales de construcción	44	Poliésteres a partir de algas		
Materiales de construcción	45	Biobaterías inspiradas en los peces eléctricos		
Materiales de construcción	50	Fijación sin adhesivos, tuercas ni pernos	Adhesión sin pegamento del geco, el mejillón y la bardana	Nitto Denko
Materiales de construcción	51	Colas sin formaldehído		Columbia Forest Products
Materiales de construcción	55	Química antifúngica		
Materiales de construcción	61	Amalgamas cerámicas		
Materiales de construcción	90	Lentes acústicas		
Materiales de construcción	93	Transmisión subacuática de datos		

## **ANEJO F: *GRÁFICOS EUROSTAT***

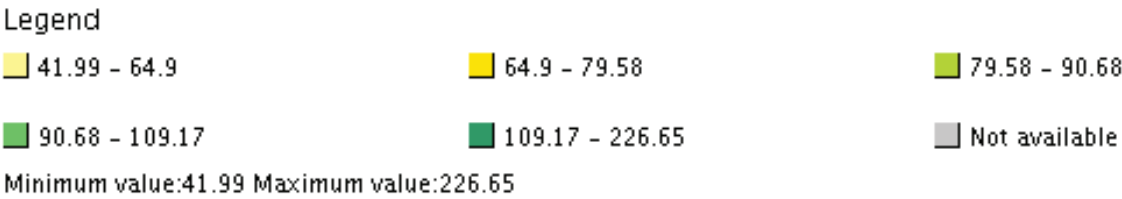
En los dos siguientes planos se han introducido los gráficos extraídos de Eurostat con el fin de obtener datos en referencia a las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel Europeo, entre los años 2015 y 2016.

Greenhouse gas emissions, base year 1990

Index (1990 = 100) - 2015



Fuente de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEE)  
Fecha de extracción: 23 de mayo de 2018



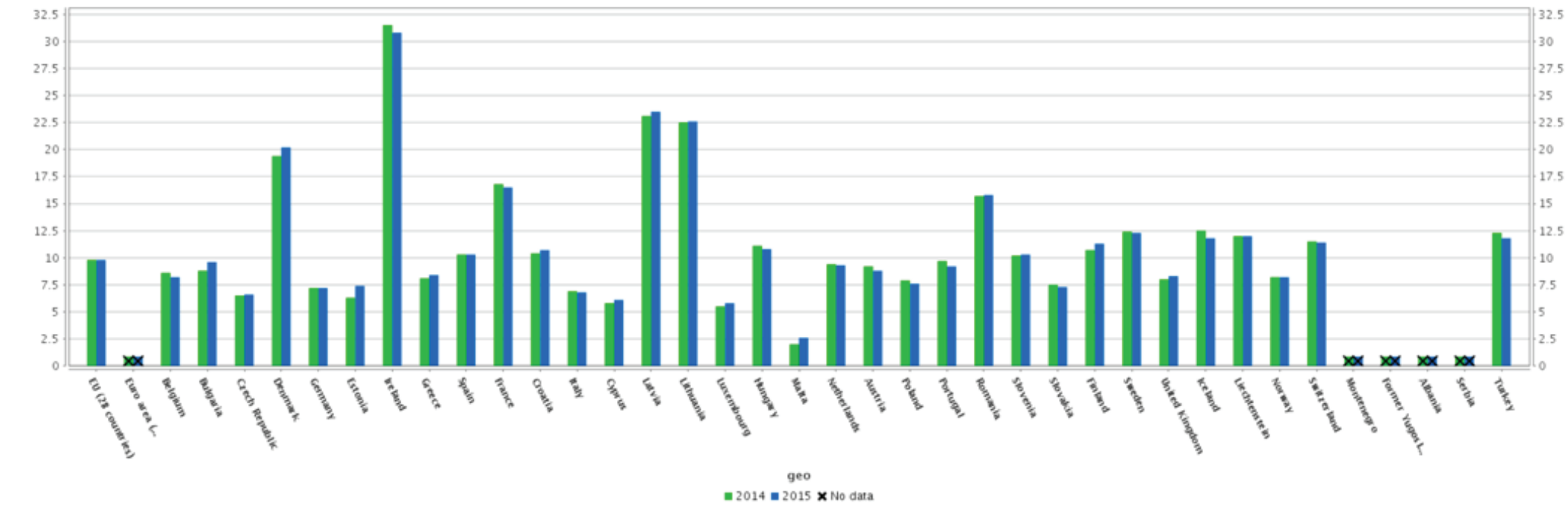
Este indicador muestra las tendencias en las emisiones totales de gases de efecto invernadero generadas por el hombre, en relación con las emisiones de 1990, que incluye: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los llamados gases fluorados (hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>) y azufre hexafluoruro (SF<sub>6</sub>)).

Estos gases se agregan en una sola unidad utilizando factores de potencial de calentamiento global (GWP) específicos del gas.

El indicador no incluye emisiones y remociones relacionados con el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura (UTCUTS); ni incluye las emisiones del transporte marítimo internacional pero sí las emisiones de la aviación internacional.

La UE en su conjunto se compromete a lograr al menos un 20% de reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero para 2020 en comparación con 1990. Este objetivo implica: una reducción del 21% en emisiones de los sectores cubiertos por el RCCDE (régimen de comercio de derechos de emisión) en comparación con 2005 para 2020; una reducción del 10% en las emisiones para sectores fuera del EU ETS. Para alcanzar este objetivo global del 10%, cada Estado miembro ha acordado un gas de efecto invernadero específico para cada país límites de emisión para 2020 en comparación con 2005 (Decisión 2009/406 / CE del Consejo).

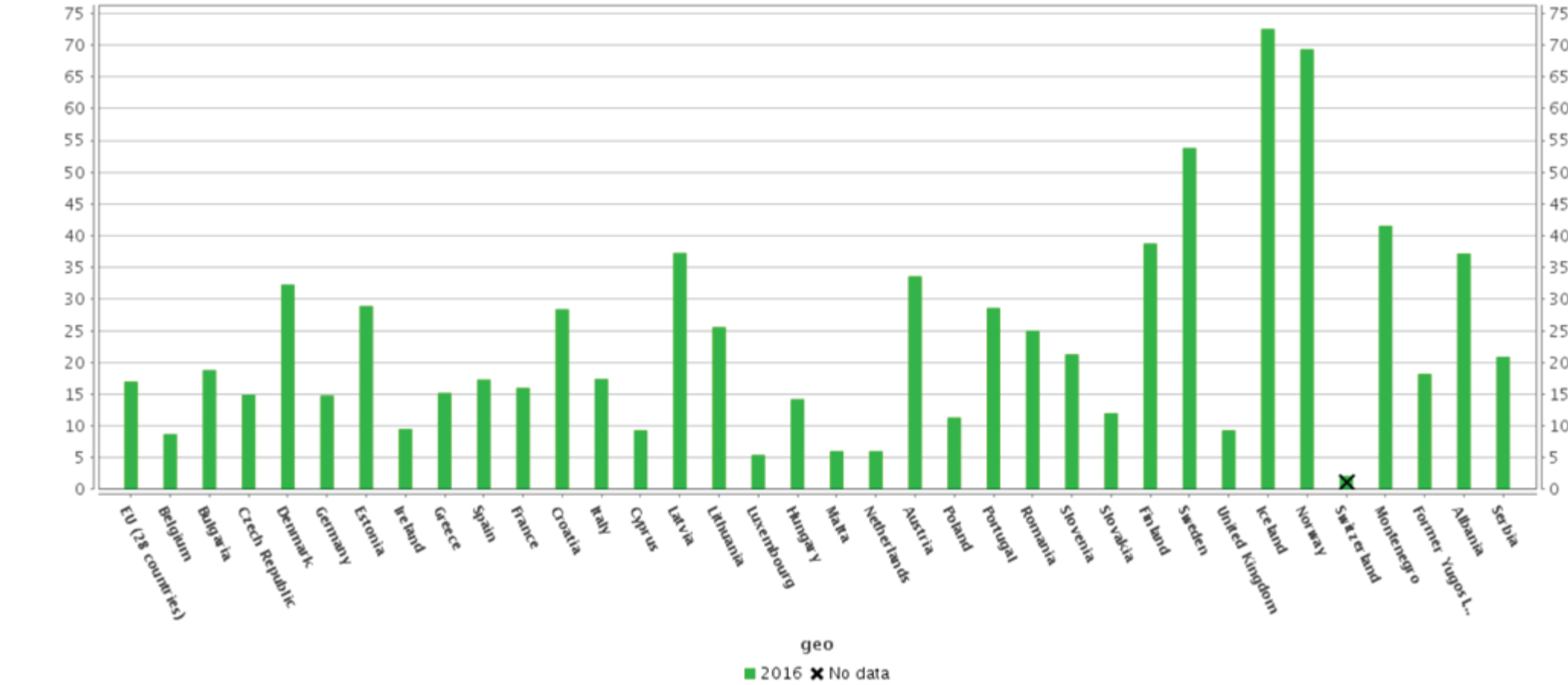
Greenhouse gas emissions from agriculture  
% of total emissions



Este indicador rastrea las tendencias en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por la agricultura, estimadas e informadas en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Protocolo de Kyoto y la Decisión 525/2013 / CE.

Share of renewable energy in gross final energy consumption by sector  
%

Share of renewable energy in gross final energy consumption



El indicador mide la participación del consumo de energía renovable en el consumo final bruto de energía de acuerdo con la Directiva de Energías Renovables. El consumo final bruto de energía es la energía utilizada por los consumidores finales más las pérdidas de la red y el autoconsumo de las centrales eléctricas.

Fuente de datos Eurostat  
Fecha de extracción: 23 de mayo de 2018

## ANEJO G: Economía Verde

La concepción de la *Economía Azul* radica en los obstáculos que el autor halló en la economía verde, bien cimentada en la sociedad actual. Aunque ésta última se defina como baja en carbono, eficiente y limpia en producción, las diferencias que separan la una de la otra se basan, principalmente, en las dificultades para conseguir resultados óptimos a corto plazo.

En la última década, el concepto de economía verde se ha vuelto una prioridad para muchos gobiernos y organizaciones, asumiendo los desafíos del medio ambiente.

Este impulso a la sostenibilidad ha promovido el desarrollo de un programa de las Naciones Unidas denominado Iniciativa de Economía Verde del Medio Ambiente (en inglés GEI, 2008). Este programa pretende mejorar el bienestar humano y la equidad social, al mismo tiempo que reduce los riesgos ambientales y la escasez ecológica.

Además, promueve *“La investigación global y asistencia a nivel nacional para alentar a los responsables de la formulación de políticas a apoyar las inversiones ambientales en el contexto del desarrollo sostenible. Gracias a esta iniciativa y al trabajo de otras agencias, la economía verde en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza se incluyó en la agenda Río + 20 (2012) y se reconoció como una herramienta para lograr el desarrollo sostenible.”* (28)

Por otro lado, existe el informe "Política industrial verde" (29) que se dirige a los responsables políticos, asesores, investigadores y profesionales y justifica la aceleración del cambio estructural hacia una economía verde, tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados. Para llevarlo a cabo:

- Discute los fundamentos conceptuales de la política industrial verde.
- Muestra los beneficios económicos y sociales de una transformación verde.
- Analiza las políticas clave que apoyan el cambio estructural y aumentan la productividad, al tiempo que tienen en cuenta las preocupaciones sociales y ambientales.
- Examina estudios de casos en cuatro países con diferentes niveles de ingresos y capacidad tecnológica.

El libro ofrece una descripción detallada de las diferentes políticas e instrumentos para la política industrial verde. Estos incluyen mecanismos basados en el mercado, tales como impuestos ambientales, permisos negociables y subsidios e instrumentos regulatorios. Los capítulos sobre "Fijación de los recursos ambientales", "Eliminación de los sectores contaminantes", "Desarrollo de tecnologías ecológicas y su introducción progresiva" y "Promoción de la economía circular" analizan en detalle el uso de estos instrumentos de política.

La publicación también proporciona consejos sobre cómo superar los bloqueos políticos que podrían desafiar la implementación de la política industrial verde: requiere un enfoque secuenciado y pruebas piloto al introducir la política industrial, la construcción de coaliciones y la participación de los interesados en el cambio transformacional y los mecanismos de control para monitorear y evaluar la implementación de la política.



## ***Cradle to Cradle***

El concepto *Cradle to Cradle* fue desarrollado a principios de los años 80 por el arquitecto suizo Walter R. Stahel y, actualmente, se basa en una certificación para la edificación denominada “C2C-Certified” gestionada por la compañía McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC).

Esta teoría promueve la idea de diseñar teniendo en cuenta todos los procesos que intervienen (extracción, procesamiento, utilización, reutilización) para limitar desde la raíz la demanda y reducir de esta manera los gastos de energía. El diseño debe conectar con la naturaleza e imitarla.

Para ello se evalúa el ciclo de vida de los productos y sus procesos y se potencia la práctica de reciclar el material de tal forma que acumule su valor en el tiempo para su próximo uso.

Los principios que definen esta certificación son los siguientes (30):

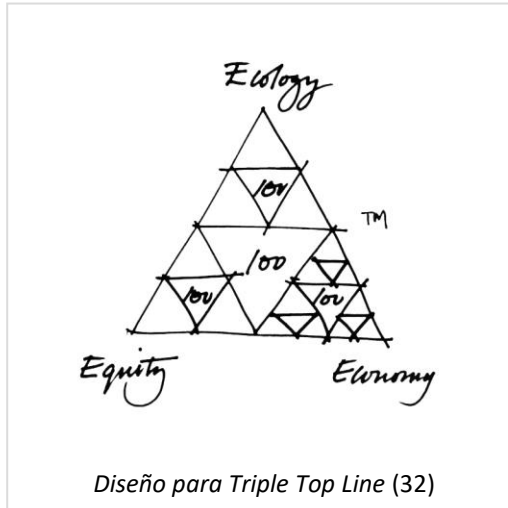
- Residuos: éstos son alimentos para otro elemento. Los materiales para utilizar deberán ser beneficiosos para la salud y el medio ambiente.
- Utilizar la radiación solar incidente: esta energía renovable debe integrarse en los edificios para que se genere más y lograr, de este modo, una eficiencia energética.
- Potenciar la diversidad: favorecer la diversidad de especies, de culturas y de innovación en las áreas de emplazamiento, para generar más de la que había antes de su construcción.

Los autores del libro (31), el químico Michael Braungart y el arquitecto William McDonough, han desarrollado una filosofía en la que dicen:

«Hemos descubierto que una herramienta visual, un triángulo fractal, nos ayuda a aplicar el pensamiento de triple línea superior en todo el proceso de diseño. Por lo general, cumplir con el triple objetivo final es visto como un acto de equilibrio, una serie de compromisos entre intereses enfrentados que se desarrollan en el diseño de productos y procesos. Las ideas clave que ofrece el triángulo fractal vuelven esta noción: el diseño inteligente, en lugar de equilibrar la economía, la ecología y la equidad, puede emplear su interacción dinámica para generar valor y oportunidades comerciales: crecimiento triple en la línea superior.» (32)



A través del *Cradle to Cradle Products Innovation Institute*<sup>1</sup> se ingenian diseños y productos dentro del marco de una economía circular en la que John Elkington, pionero en desarrollo de negocio sostenible, ha ideado el concepto del *Triple Top*. Éste proporciona a las empresas una herramienta útil para equilibrar los objetivos económicos con el buen hacer por el medio ambiente.



El objetivo es maximizar el valor en todas las áreas del triángulo a través del diseño inteligente, creando múltiples oportunidades de negocios, y teniendo en cuenta que la decisión de diseño tiene un impacto en los tres puntos.

El proceso a llevar a cabo es el siguiente:

Mientras planificamos un producto o sistema, nos movemos alrededor del fractal preguntando cómo un nuevo diseño puede generar valor en cada categoría.

Para ello, en el área de la *Ecología* podemos preguntarnos: *¿Nuestros diseños crean hábitats o nutren el paisaje?*

Trasladándonos al sector *Económico*: *¿Puedo hacer que mi producto tenga ganancias?*

Y con respecto a la *Equidad*: *¿Estamos encontrando maneras de honrar a todos los interesados, independientemente de la raza, sexo, nacionalidad o religión?*

---

<sup>1</sup> Organización sin ánimo de lucro administra el estándar de producto *Cradle to Cradle Certified*™, que fue otorgado al Instituto por sus fundadores, William McDonough y Dr. Michael Braungart, en 2010.

## ANEJO H: Economía Azul en la actualidad

La implementación de la filosofía de Gunter Pauli está presente en todo el mundo a través de los proyectos que han surgido de distintas innovaciones, muchas expuestas en la tabla generada del presente trabajo. Hay que subrayar que en la web del autor (20) se especifican todos aquellos inventos que están siendo desarrollados a nivel mundial. Mediante un mapa se pueden conocer todos aquellos proyectos que se están llevando a cabo y su nivel de desarrollo. Como puede observarse en el mapa y en comparación con las sedes mundiales presentes en el libro objeto de estudio (3), hay un incremento de sedes repartidas en países que no figuran en el libro mencionado.



Captura del mapa interactivo de la web de (20)

Simultáneamente, Gunter Pauli ha publicado el libro *"The Blue Economy 3.0"* (33), en el que repasa las actualizaciones de las innovaciones descritas en este trabajo y describe otras nuevas que se encuentran en proceso. Un ejemplo citado es la innovación desarrollada en China en donde se ha producido alrededor de un millón de toneladas de papel producido a través de rocas trituradas desechadas de la minería, sin utilizar agua y sin generar deforestación.

Además, a finales del 2017 Gunter Pauli y el gobierno de Argentina han publicado un manual llamado "Plan A" con la exposición de todas aquellas innovaciones que pueden generar oportunidades para transformar la economía del país (34). Algunas de ellas están expuestas en este trabajo y otras forman parte de la nueva versión del libro (33).

El presente trabajo ha analizado el primer libro de *Economía Azul* pero se recomienda la lectura de las obras mencionadas para acreditar los resultados actuales de los proyectos realizados.

Por otro lado, a lo largo de estos meses han hallado distintos proyectos, tanto en medios de comunicación como en artículos, de los que se han encontrado similitudes con la filosofía aquí descrita.

Por ejemplo, la empresa holandesa *Paper On the Rocks* comercializa libretas hechas con papel producido a través de las piedras, y desde la plataforma tecnológica *BlueCity Lab*, centro de investigación de Rotterdam, estudian la forma de convertir residuos de hormigón en papel y diamantes.

Respecto al sector industrial, en el 2009 se inició el proyecto de investigación *Carbolab* en Asturias (35). Este trata de captar los gases de metano para su aprovechamiento y de almacenar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

Otro ejemplo es el proyecto *CENIT SOST-CO<sub>2</sub>* que aborda el ciclo de vida completo del CO<sub>2</sub>, desarrollando nuevos procesos para usos industriales, como la fabricación de nuevos materiales, la conservación de alimentos, el tratamiento del agua, la síntesis de biocombustibles, la conversión del CO<sub>2</sub> en productos de valor añadido y el crecimiento de microalgas (36).

En el sector de la construcción, se han obtenido resultados positivos en la utilización de hormigón reforzado con *grafeno* (37). Esta técnica permite obtener hormigones con doble resistencia respecto a los convencionales y con mayor durabilidad, además disminuye la huella de carbono en su producción por necesitar menos de la mitad de los materiales que los procesos actuales.

El Grupo *Porcelanosa* ha desarrollado junto a la empresa *SYSTEMPOOL* el material *KRION®*. Como indican en (38) “este material está compuesto por dos terceras partes de minerales naturales (ATH: Trihidrato de Alúmina) y un bajo porcentaje de resinas de gran resistencia”. Este material ecológico que se recicla al 100% se caracteriza por ser una superficie con unas claras particularidades: carencia de poros, anti-bacterias sin ningún tipo de aditivo, dureza, resistencia, durabilidad, facilidad de reparación, escaso mantenimiento y fácil limpieza.

Una nueva investigación realizada por científicos del *Centro de Investigación de Geociencias de Alemania* sugiere que las moléculas *biosurfactantes* de las bacterias que sobreviven en los polos podrían ser utilizadas para hacer que los detergentes sean más ecológicos, servir como un aditivo de biodiesel o ayudar a eliminar la contaminación en mares helados (39), sin tener impacto negativo sobre el medio ambiente.

Desde Oxfam ya han implementado con éxito sanitarios secos con separación de la orina en Kenia y Etiopía. En este sistema, se fija una losa al sanitario o letrina que permite separar los residuos sólidos de la orina. Para secarlo, los usuarios vierten cenizas sobre la materia fecal y destruyen así cualquier patógeno que pudiera contagiar enfermedades. Una vez recolectada, la colocan en un recipiente hasta que se descomponga, tras lo cual se aplican una serie de procesos para que esté lista y sea segura y salubre para su uso como bioenergía (40).

El ingeniero mejicano Sergio Rico Velasco ha desarrollado un innovador sistema de riego denominado lluvia sólida. Este transforma el agua en una especie de gelatina que se adhiere a las raíces de las plantas, con lo que estas absorben la humedad de acuerdo a sus necesidades, reduciendo el gasto de agua en un 90%. Podría ser la solución a la desertización del planeta (41).

En España, la empresa gallega *Resetea*, junto a la Universidad de Santiago de Compostela, ya comercializa con setas cultivadas con los desechos del café y productos derivados de éstas (42).

Desde el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (en inglés *UN Environment*), se ha hecho un nuevo informe que explora la gran variedad de alternativas plásticas que han surgido alrededor del mundo (43).

En la tabla siguiente, se han resumido cinco de los proyectos que pueden encontrarse en el documento citado. Ha resultado de gran interés su hallazgo por la similitud con las innovaciones que propone Pauli en su libro, aunque las primeras se consideren alternativas de una economía verde, según *UN Environment*.

#### **Cinco alternativas para la producción de plásticos (43)**

*Piñatex*, fabricado por la empresa londinense *Ananas Anam*, es una alternativa ecológica y duradera hecha de hojas de piña. Debido a que no se necesitan recursos adicionales, la producción de piña da como resultado muchas hojas sobrantes, todo el proceso se inscribe en una cadena de suministro circular sostenible y proporciona ingresos adicionales a los agricultores. Después de la cosecha, las comunidades agrícolas de Filipinas recogen las hojas descartadas y extraen las fibras de ellas, que luego se procesan en una malla y se envían a una fábrica en España para su acabado. El producto final se envía directamente a los diseñadores y fabricantes, que ya están utilizando *Piñatex* en la producción de zapatos, bolsos y mobiliario.



*Mycof foam* fue desarrollado por la empresa *Ecovative* como una alternativa al poliestireno expandido, o EPS, la espuma blanca que se ha convertido en el material de elección para proteger los productos durante el envío, especialmente alimentos y productos electrónicos. *Mycof foam* está hecho de desechos agrícolas que se colocan en moldes y se mezclan con hongos vivos de micelio, que esencialmente hacen crecer el material en una forma acabada que se puede secar y utilizar como material de embalaje estable. Al igual que los EPS tradicionales, el material es resistente a los impactos y se puede moldear en una variedad de formas para satisfacer las necesidades de los clientes, pero se biodegrada en la naturaleza y está hecho de recursos renovables. Las empresas ya lo han utilizado para reemplazar EPS, incluidos *Dell Computers*, que han utilizado *Mycof foam* para ayudar a su línea de producción a convertirse en un 94 por ciento libre de residuos.



Por extraño que parezca, la leche se ha utilizado para fabricar plásticos desde principios del siglo XX. Usando un proceso químicamente intensivo que involucra la proteína caseína encontrada en la leche, los primeros fabricantes de plásticos usaron el material para botones y telas sintéticas, sin embargo, rápidamente cayó en desgracia cuando surgieron nuevas formas de plástico a base de petróleo en el siglo XX.

Desde 2011, la empresaria alemana Anke Domaske, con su empresa *QMilch*, ha utilizado una forma modificada de esta técnica para crear fibras textiles sostenibles a partir de la leche que, de otro modo, se desperdiciarían. Domaske simplificó el antiguo proceso de creación de plástico de caseína, y fue pionero en un método que utiliza significativamente menos productos químicos y produce un



biopolímero duradero con una multitud de usos, especialmente en la industria de la confección. Y debido a que su compañía obtiene leche vieja de productores que de otro modo la descartarían, toda la cadena de suministro beneficia al medio ambiente.

*Enter Bakeys*, que fue fundada en 2010 por Narayana Peesapaty, es una compañía india que ha desarrollado una alternativa simple pero innovadora a los utensilios de plástico, cucharas comestibles hechas de harina de sorgo, un cultivo eficiente y resistente a la energía comúnmente cultivado en el sur de Asia, África y América Central. Las cucharas son duraderas, fáciles de comer y vienen en tres sabores: sencillo, dulce y salado. Si bien en este momento están disponibles solo en India, la compañía está buscando aumentar la producción y comenzar a competir con los cubiertos de plástico.

